

	Manual de Operaciones, Seguimiento y Vigilancia OMS Instalación de Manejo de relaves		Revisión		Página
			#	Fecha	
	Documento No. 1824-363-CI-RPT-T0000		C	12/mayo/2023	1

CLIENTE: Minera Panama S.A (MPSA) PROYECTO: Mina de Cobre Panamá (MdCP)

	FIRMA	FECHA
ELABORADO por: Zayra Caballero (ZC)	<u>Firmado</u>	<u>12 de mayo, 2023</u>
REVISADO por: Nicholas Mather (NM)	<u>Firmado</u>	<u>12 de mayo, 2023</u>
APROBADO por: Carlos Hubner (CH)	<u>Firmado</u>	<u>12 de mayo, 2023</u>

ÍNDICE DE EMISIÓN / REVISIÓN

Código Emisión	Revisión					Detalles de la revisión
	No	Prep. por	Rev. por;	Aprob por	Fecha	
RR	A	ZC	NM	JH	6-Feb-22	Publicado para revisión interna (sustituye a 200224_OMS_Rev_A)
RI	B	ZC	NM	JH	10-feb-22	Publicado con fines informativos
RI	C	ZC	NM	CH	12-May-23	Publicado con fines informativos

NOTAS

- Códigos de emisión: RC=Liberado para la Construcción, RD=Liberado para el Diseño, RF=Liberado para fabricación, RI=Liberado para Información, RP=Liberado para Compra, RQ=Liberado para Cotización, RR=Liberado para Revisión y Comentarios
- Los cambios de la versión anterior de este documento se anotarán en cada sección en azul.
- La información pendiente de suministrar se anotará en cada apartado en color verde.

	Manual de Operaciones, Seguimiento y Vigilancia OMS Instalación de Manejo de relaves		Revisión		Página
			#	Fecha	
	Documento No. 1824-363-CI-RPT-T0000		C	12/mayo/2023	2

ABREVIATURAS

CDA	Asociación Canadiense de Presas
EPRP	Plan de Preparación y Respuesta ante Emergencias
ERP	Plan de Respuesta a la Emergencia
EOR	Ingeniero de Registro
IDF	Diseño de Inundaciones
ITRB	Junta de Revisión Independiente de Relaves
MAC	Asociación Minera de Canadá.
NAG	No Generador de Ácido
OMS	Operación, Mantenimiento y Vigilancia
PGA	Aceleración máxima del suelo
QA	Aseguramiento de Calidad
QC	Control de Calidad
TMF	Instalación de Manejo de Relaves

DISTRIBUCIÓN AUTORIZADA

Director General

Director General Adjunto

Gerente de instalaciones de relaves

Gerente de Salud y Seguridad

Ingeniero de Registro

Ingeniero Corporativo de Relaves

Gerente de medio ambiente

Gerente de Asuntos Comunitarios

 	Manual de Operaciones, Seguimiento y Vigilancia OMS Instalación de Manejo de relaves		Revisión		Página
			#	Fecha	
	Documento No. 1824-363-CI-RPT-T0000		C	12/mayo/2023	3

Contenido

1.	INTRODUCCION	8
2.	INFORMACION GENERAL	9
2.1.	Descripción General y Ubicación del Proyecto	9
2.2.	Historial del Proyecto	10
2.3.	Normativa, Legislación, Codigos y Antecedentes Practicos	11
2.4.	Protección del Medio Ambiente	11
2.5.	Plan de Salud y Seguridad	11
3.	GOVERNANZA DE LA OMS	11
3.1.	Organigrama	11
3.2.	Funciones Organizativas, Responsabilidades y Autoridad	12
3.3.	Gestión del Cambio a través del Ciclo de Vida y Actualizaciones de Documentos	12
3.4.	Entrenamiento y Competencia	13
3.5.	Directorio de Comunicaciones	13
3.6.	Reglas de Seguridad de la Presa de Relaves	13
4.	CONDICIONES DEL SITIO	14
4.1.	Acceso al Sitio	14
4.2.	Condiciones del Sitio	14
4.2.1.	Topografía	14
4.2.2.	Clima e Hidrología	14
4.2.3.	Geología del Lecho Rocos y Perfil de Meteorización	14
4.2.4.	Hidrogeología	15
4.2.5.	Sismicidad	¡Error! Marcador no definido.
4.3.	Área de Préstamos y Canteras	15
4.4.	Entorno Ambiental y Social	15
5.	INTENCIÓN Y CRITERIOS DE DISEÑO DE TMF	15
6.	COMPONENTES TMF	16
6.1.	Planta de Procesos y Casa de Ciclones	16
6.2.	Presas de Arranque	16
6.3.	Plataformas de Roca Estéril (WRP's)	17
6.4.	Sistema de Sub-drenaje	18
6.5.	Desarrollo de Presas de Arena	19
6.5.1.	Tasa de Aumento de la Presa de Arena del Ciclón	19
6.5.2.	Extensión Aguas Arriba de la Presa de Arena & Desarrollo de Playas por Paddocks	21
6.6.	Medidas de Protección contra Inundaciones	22
6.7.	Estructuras de Control del Embalse de TMF	23

	Manual de Operaciones, Seguimiento y Vigilancia OMS Instalación de Manejo de relaves	Revisión		Página
		#	Fecha	
	Documento No. 1824-363-CI-RPT-T0000	C	12/mayo/2023	4

6.7.1.	Torre y Túnel del Aliviadero	23
6.7.2.	Canal de Aproximación	24
6.7.3.	Barcaza de Bombeo de Recuperación de Agua	24
6.7.4.	Aliviadero de Emergencia	24
6.8.	Desvío de Aguas Superficiales	24
6.9.	Recolección y Recuperación de Filtraciones del TMF	25
6.10.	Otros Componentes asociados con el TMF	25
7.	RELAVES	26
7.1.	Diagrama de Flujo de Distribución	26
7.2.	Programa de Eliminación de Relaves	27
7.3.	Geoquímica de Relaves	27
7.4.	Características Físicas de los Relaves	27
8.	GESTION DEL AGUA EN EL TMF	28
8.1.	Conceptos de Francobordo y ancho de playa	28
8.2.	Estrategia de Gestión del Agua en el TMF durante la Operación	30
8.3.	Estrategia de Gestión del Agua en el TMF durante eventos de Inundación	31
8.4.	Balance Hídrico del TMF.....	32
8.5.	Descarga de Agua Ambiental	32
9.	MODELADO DE DEPOSICION TMF	32
10.	CONSTRUCCION DEL TMF	32
10.1.	Criterio de Selección de Materiales	32
10.2.	Colocación y Compactación de Arena de Sub-desbordamiento Ciclónico.....	33
10.3.	Control y Aseguramiento de la Calidad durante la Construcción.	33
10.4.	Modificaciones de Diseño durante la Construcción de la Presa de Arranque	34
10.5.	Registros de Reportes de Construcción y Registros de lo Construido	34
11.	PROCEDIMIENTOS OPERATIVOS.....	35
11.1.	Diagrama de Flujo Operativo y Límites de Batería	35
11.2.	Indicadores Clave (Críticos) de Rendimiento	35
12.	PROCEDIMIENTOS DE MANTENIMIENTO	36
12.1.	Calibración de Rutina	36
12.2.	Mantenimiento de Rutina	36
12.3.	Mantenimiento de Eventos Extremos	38
13.	MONITOREO Y VIGILANCIA EN EL TMF.....	38
13.1.	Protocolo y Procedimientos de Vigilancia.....	38
13.2.	Niveles de Umbral	39
13.3.	Monitoreo Visual (Cualitativo).....	40

  FIRST QUANTUM MINERALS LTD.	Manual de Operaciones, Seguimiento y Vigilancia OMS Instalación de Manejo de relaves	Revisión		Página
		#	Fecha	
	Documento No. 1824-363-CI-RPT-T0000	C	12/mayo/2023	5

13.3.1.	General	40
13.3.2.	Inspecciones de Rutina	40
13.3.3.	Inspecciones de Seguridad Trimestrales o Anuales en la Presa	41
13.4.	Monitoreo de Instrumentación (Cuantitativo).....	41
13.4.1.	Tipo de Instrumentación	41
13.4.2.	Frecuencia de Monitoreo	43
13.5.	Valores Umbral Iniciales para el Cribado	44
14.	PLAN DE RESPUESTA ANTE EMERGENCIAS	46
14.1.	General.....	46
14.2.	Modos de Fallo Potenciales	46
14.3.	Efectos de una Inundación (Evaluación de la Rotura de la Presa)	47
14.4.	Procedimientos de Comunicación EPRP	52
15.	ESTRATEGIA DE CIERRE DEL TMF	52
16.	PLANIFICACIÓN DE CRISIS	52
17.	CIERRE.....	52

Lista de imágenes

Figura 2.1	Plan del TMF (KCB 2015)	9
Figura 2.2	Sección de la Presa TMF (KCB 2015). Presa Norte (arriba) y Presa Este (abajo).....	10
Figura 3.1	Estructura Organizacional.....	12
Figura 6.1	Secuencia de Levantamiento de la Presa (KCB 2018b – Ver Apendice XI-1)	20
Figura 6.2	Metodología de la Línea Central de la Presa de Arena (1824-363-CI-DRG-T0131)	21
Figura 6.3	Saprolite lining Typical Section (1824-363-CI-DRG-T0060).....	23
Figura 6.4	Protección Facial Aguas Arriba en las Celdas de la Presa Este. 12 & 13 (1824-363-CI-DRG-T0136).....	23
Figura 7.2	Esquema Revisado de Distribución de los Relaves	27
Figura 7.3	Distribución del Tamaño de la Partícula – Sub-desbordamiento	28
Figura 8.2	Presa Norte (arriba) y Presa Este (abajo) Sección típica de Relaves.....	29
Figura 13.1	Flujograma del Proceso de Vigilancia	38

Lista de tablas

Tabla 3-1	Resumen del Nivel Recomendado de Conocimiento y Entrenamiento	13
Tabla 6-1	Espesor de la Capa de Drenaje Inferior (200404_TQ015-FilterReview_Rev1)	19
Tabla 7-1	Resumen de las Características de los Relaves.....	28
Tabla 8-1	Definición del Franco bordo TMF y Playa de Relaves (1824-363-CI-DRG-T0156)	30
Tabla 10-3	Actividades Típicas de Mantenimiento de Rutina	37
Tabla 13-1	Niveles de Umbral	40

	Manual de Operaciones, Seguimiento y Vigilancia OMS Instalación de Manejo de relaves	Revisión		Página
		#	Fecha	
	Documento No. 1824-363-CI-RPT-T0000	C	12/mayo/2023	6

Tabla 13-2	Monitoreo Visual de Rutina	41
Tabla 13-3	Parametros de Respuesta y Número de Instrumentos	42
Tabla 13-4	Frecuencia de Lectura de Instrumentos para Construcción y Operaciones	43
Tabla 13-5	Valores Umbral Iniciales propuestos para el TMF	45
Tabla 13-6	Valores Umbral Iniciales para Otras Estructuras	45
Tabla 14-1	Modos de Falla Potenciales y Consecuencias	51

Lista de apéndices

Apéndice I	Reportes de Presa de Arranque (JVP 2013) y Elevación de la Presa de Arena (KCB 2015) <i>I-1 Informe técnico TMF – Informe de diseño de la presa de arranque (JVP)</i> <i>I-2 Diseño de subdesbordamiento de arena TMF (KCB)</i>
Apéndice II	Permisos y Documentación Regulatoria
Apéndice III	Documentación de Gestión Ambiental
Apéndice IV	Documentación de Seguridad y Salud
Apéndice V	Gobernanza de la OMS <i>V-1 Organigrama</i> <i>V-2 Funciones y responsabilidades de la TMF de FQML</i> <i>V-3 Nivel de conocimiento recomendado</i> <i>V-4 Directorio de comunicación¹</i>
Apéndice VI	Acceso al sitio TMF
Apéndice VII	* Apéndice eliminado *
Apéndice VIII	Informe de Diseño de la Elevación de la Arena en el sub desbordamiento del Terraplen de Relaves
Apéndice IX	Evaluación de Incumplimiento de Presas
Apéndice X	Planta de proceso y documentación de la casa del ciclón <i>X-1 Procedimiento de operación estándar: Planta de proceso</i> <i>X-2 Procedimientos de operación estándar: Casa Ciclón</i>
Apéndice XI	Secuencia de aumento de presa TMF y tasa de aumento de FQML <i>XI-1 Secuencia de levantamiento de presas TMF (KCB 2018b)</i> <i>XI-2 Tasa de aumento de TMF de FQML (FQML 2022)</i>
Apéndice XII	Estructuras de control de embalses TMF <i>XII-1 Procedimientos de Operación Estándar: Torre de Decantación y Túnel de Decantación</i> <i>XII-2 Procedimientos de Operación Estándar: Canal de Aproximación</i> <i>XII-3 Procedimientos de Operación Estándar: Barcaza de Bomba de Recuperación</i> <i>XII-4 Modificación de la capacidad del túnel</i>

	Manual de Operaciones, Seguimiento y Vigilancia OMS Instalación de Manejo de relaves	Revisión		Página
		#	Fecha	
	Documento No. 1824-363-CI-RPT-T0000	C	12/mayo/2023	7

- Apéndice XIII Plan de Control de Desviación de Aguas Superficiales y Sedimentos de TMF**
 XIII-1 *Plan de Desviación de Agua y Control de Sedimentos del TMF en la Presa Norte*
 XIII-2 *Plan de Desviación de Agua y Control de Sedimentos del TMF en la Presa Este*

- Apéndice XIV Sistema de recolección y recuperación de filtraciones TMF**
 XIV-1 *Recolección y Recuperación de Filtraciones de TMF en la Presa Norte*
 XIV-2 *Recolección y Recuperación de Filtraciones de TMF en la Presa Este*

- Apéndice XV Documentación de relaves TMF**
 XV-1 *Diagrama de flujo del proceso de relaves*
 XV-2 *Programa de eliminación de relaves*
 XV-3 *Trabajo de prueba de geoquímica de relaves*
 XV-4 *Trabajo de prueba geotécnica de relaves*

- Apéndice XVI Balance hídrico TMF**

- Apéndice XVII Estrategia del TMF para gestionar las descargas ambientales**

- Apéndice XVIII Modelado de deposición TMF**

- Apéndice XIX Documentación de construcción de TMF**
 XIX-1 *Especificaciones Técnicas TMF*
 XIX-2 ** Apéndice eliminado **
 XIX-3 ** Apéndice eliminado **
 XIX-4 *Procedimientos de prueba de inspección (ITP)*
 XIX-5 *Declaración de construcción de la presa de arranque*
 XIX-6 *Informe de Registro de Construcción de Revestimientos de Saprolita (CRR)*

- Apéndice XX Documentación de Operaciones del TMF**
 XX-1 *Soluciones de matriz operativa*
 XX-2 *Lista de verificación de inspección semanal*

- Apéndice XXI Instrumentación TMF y Sistema ADAS**
 XXI-1 *Resumen de Instrumentación de TMF*
 XXI-2 *Sistema ADAS*

- Apéndice XXII Plan de preparación y respuesta a emergencias en todo el sitio (EPRP)**

- Apéndice XXIII Estrategia de Cierre**

- Apéndice XXIV Planificación de crisis de TMF**

	Manual de Operaciones, Seguimiento y Vigilancia OMS Instalación de Manejo de relaves		Revisión		Página
			#	Fecha	
	Documento No. 1824-363-CI-RPT-T0000		C	12/mayo/2023	8

1. INTRODUCCIÓN

Este documento presenta el Manual de Operación, Mantenimiento y Vigilancia (OMS) para las Represas de Relaves Norte y Este de la Instalación de Manejo de Relaves (TMF) en el proyecto Mina de Cobre Panamá que es propiedad y está operado por First Quantum Minerals Ltd (FQML).

Este manual es específico del TMF de Cobre Panamá y describe recomendaciones para procedimientos e instrucciones de operación, mantenimiento y vigilancia y es un documento vivo con el objetivo de gestionar el riesgo durante todo el ciclo de vida del TMF. Los objetivos generales de esta OMS son:

- ❖ Definir roles, responsabilidades y calificaciones del personal clave asignado a la operación y gestión del TMF para realizar las actividades descritas en este OMS.
- ❖ Definir procedimientos de comunicación y operación, no limitados a, disposición de relaves, gestión del agua, monitoreo del desempeño, documentación e informes.
- ❖ Establecer planes de preparación para la vigilancia del TMF con énfasis en los controles críticos y la prevención de situaciones de emergencia para posibles modos de falla y mitigar los impactos posteriores al TMF.
- ❖ Establecer requisitos de capacitación y pruebas para actualizar la OMS y el EPRP.
- ❖ Establecer requisitos de capacitación y pruebas para actualizar la OMS.

El manual de OMS sirve para abordar las condiciones relacionadas con el funcionamiento normal y el control del TMF. Mientras que el ERP es activado por un personal designado y capacitado de FQML cuando hay una pérdida o una posible pérdida de control (emergencia) en el TMF. Sin embargo, ambos documentos deben estar alineados, sin brechas funcionales entre la operación normal y una respuesta de emergencia.

El OMS y el ERP requieren revisiones periódicas (anualmente) y pruebas frecuentes por parte de FQML para garantizar que los planes estén actualizados y que sean adecuados en caso de una emergencia en función de las condiciones actuales del sitio y la etapa en el ciclo de vida del TMF. El historial de pruebas de ERP debe registrarse indicando los hallazgos (dificultades, recomendaciones y/o efectividad). El ERP actual para el TMF se revisará para agregar un plan que incluya **Falla en el Túnel de Decantación y Rebasamiento de la Presa**.

El ciclo de vida del TMF incluye:

- ❖ Construcción inicial: comprende estructuras e infraestructura que deben estar en su lugar antes de que comience la deposición de relaves (es decir, construcción de una presa de arranque, tuberías de relaves, carreteras de acceso e infraestructura de gestión de agua asociada).
- ❖ Operaciones: Comprende la construcción de aumentos posteriores para estructuras e infraestructura.
- ❖ Cierre: Cuando cesa la deposición de relaves en la instalación, las estructuras y la infraestructura asociada se desmantelan y se implementa el cierre. Consulte [el Apéndice XXIII](#) para ver el cronograma de desarrollo del plan.
- ❖ Postcierre: Cuando todo el trabajo de desmantelamiento esté completo y los aspectos clave del plan de cierre se hayan implementado y hayan pasado al mantenimiento y la vigilancia a largo plazo.

Una respuesta efectiva depende tanto de la preparación local como de la pronta respuesta de la administración del sitio y las autoridades locales.

	Manual de Operaciones, Seguimiento y Vigilancia OMS Instalación de Manejo de relaves		Revisión		Página
			#	Fecha	
	Documento No. 1824-363-CI-RPT-T0000		C	12/mayo/2023	9

2. INFORMACIÓN GENERAL

2.1. Descripción general y ubicación del proyecto

El proyecto Mina de Cobre Panamá se encuentra en el distrito de Donoso, provincia de Colón en Panamá, a 125 km al oeste de la ciudad de Panamá y a 20 km del Mar Caribe. La operación comprende tres pozos abiertos planificados: Botija, Colina y Valle Grande. Además del cobre, el molino también recuperará oro, plata y molibdeno. La vida de la mina (LOM) es de 31 años.

El procesamiento del mineral requiere la construcción de una planta de proceso de concentración y un TMF para almacenar los materiales de relave. El TMF tiene una vida operativa de 18 años para una capacidad de almacenamiento de 1.5 Bt. Los relaves se depositarán en los pozos abiertos cerrados. Consulte la Figura 2.1 para obtener información sobre el plan de TMF.

La cuenca del TMF es de unos 30 km², con el almacenamiento del TMF cubriendo un área de unos 20 km². Los relaves son embalsados por las presas norte y este y por la topografía ascendente hacia el oeste y el sur. Las presas de arranque tienen una cresta objetivo El. 76 m. Se requerirá una presa oeste y una estructura de retención al sur más adelante en la operación. El TMF se elevará utilizando arena de subdesbordamiento de ciclón hidráulicamente colocada y compactada hasta una cresta final objetivo de El.146 m. Consulte la Figura 2.2.

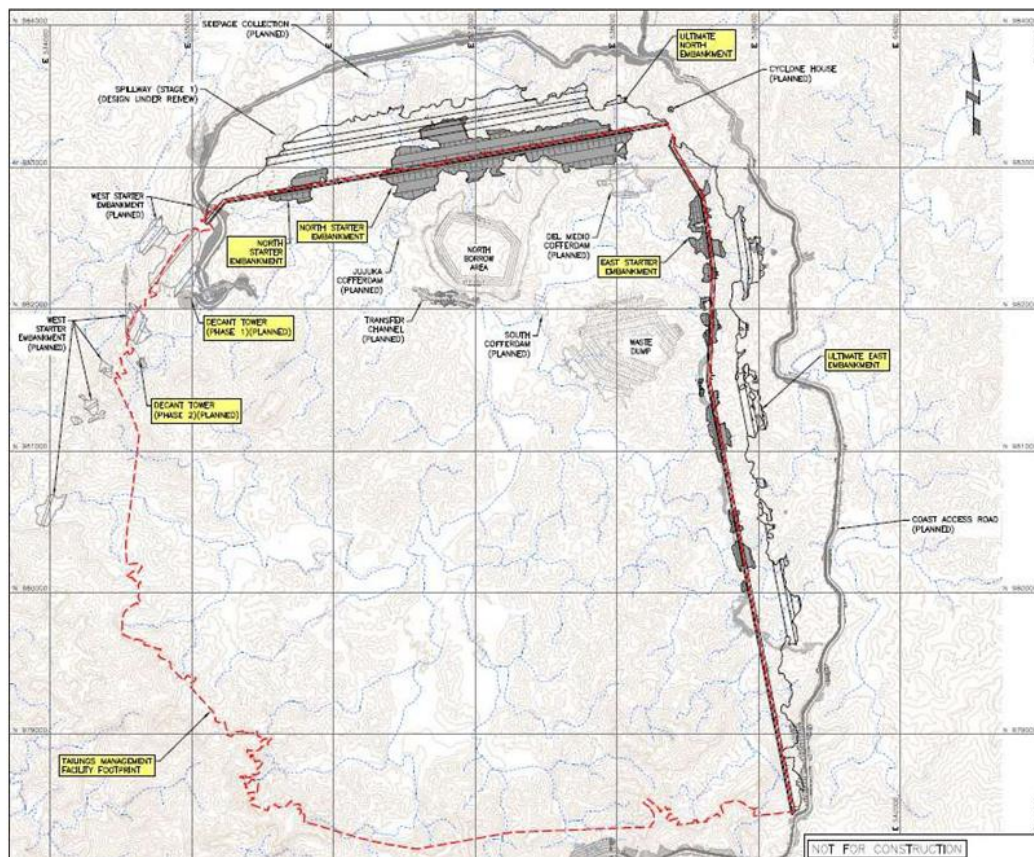


Figura 2.1 Plan de TMF (KCB 2015)

	Manual de Operaciones, Seguimiento y Vigilancia OMS Instalación de Manejo de relaves	Revisión		Página
		#	Fecha	
	Documento No. 1824-363-CI-RPT-T0000	C	12/mayo/2023	10

El proyecto se encuentra en una zona de clima húmedo con una precipitación media anual de unos 4.500 mm. En el sitio, la fundación consiste en un perfil de meteorización de suelo residual delgado, saprolita gruesa (hasta 20 m de profundidad) y una zona de transición (Saprock) a granodiorita fresca o roca de fondo de andesita. Se encuentra coluvión y / o aluvión sobre este perfil de meteorización cerca de arroyos y ríos.

Los materiales de construcción comprenden saprolita prestada y roca procesada inicialmente de una cantera de roca ubicada dentro del área de embalse propuesta, y luego el pozo abierto.

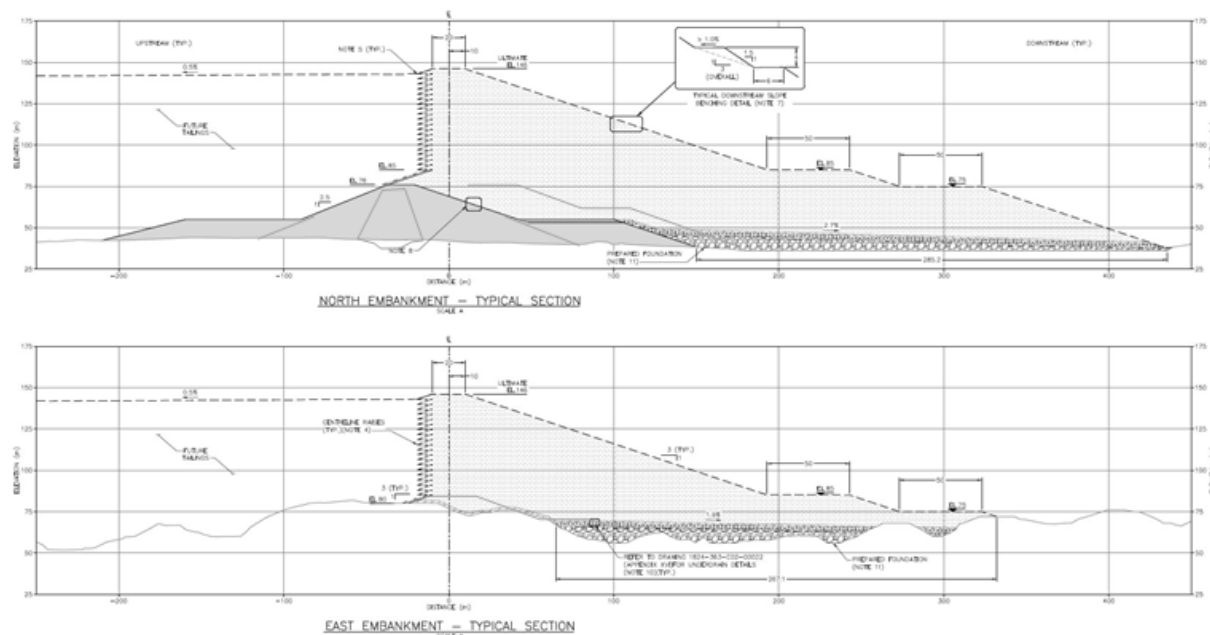


Figura 2.2 Sección de la presa TMF (KCB 2015). Presa Norte (arriba) y Presa Este (abajo)

2.2. Historial del proyecto

Se completaron múltiples estudios de diseño y programas de investigación de sitios entre 2008 y 2013. El diseño de Starter Dam fue realizado por Joint Venture Panama Ltd. (JVP) cuya participación en el proyecto terminó en 2013 después de que FQML asumiera el control y completara el diseño de Starter Dam. Se contrató a una Junta de Revisión Independiente de Relaves (ITRB) desde junio de 2010 a enero de 2013 para revisar el trabajo de diseño de la presa de arranque. Consulte los documentos en el Apéndice I.

FQML finalizó los planos y Especificaciones Técnicas Emitidos para la Construcción (IFC), firmados por el Ingeniero de Registro (EOR), el Sr. Doug Cooper. La construcción de las presas de arranque comenzó a principios de 2014 con modificaciones de diseño de FQML y se completó en 2019.

KCB realizó una Evaluación de compensación en 2014 para evaluar la alternativa de diseño de elevación de presa de arena preferida por encima de las presas iniciales. La alternativa preferida seleccionada por FQML comprendió una elevación de la presa de arena ciclónica compactada aguas abajo, cambiando a una elevación de la línea central modificada después de que se establezca una amplia playa de relaves después del Año 3. Se prepararon planos y especificaciones de IFC para el levantamiento de la Presa de Arena reflejando el trabajo realizado por JVP y FQML (2013). Consulte el Anexo 1

	Manual de Operaciones, Seguimiento y Vigilancia OMS Instalación de Manejo de relaves	Revisión		Página
		#	Fecha	
	Documento No. 1824-363-CI-RPT-T0000	C	12/mayo/2023	11

A principios de 2020, la asociación entre KCB y FQML llegó a su fin, lo que resultó en que FQML asumiera toda la responsabilidad de los trabajos relacionados con TMF basados en el diseño existente y la documentación oficial hasta la fecha; y DECCA Consultancy fue nombrado como el nuevo Ingeniero de Registros.

En 2019, el agua comenzó a acumularse en la cuenca TMF. Desde principios de 2019, FQML comenzó la deposición de relaves desde el extremo sur y desde la cresta de la presa de inicio con la deposición de espigas subáreas. La casa del ciclón comenzó a producir arena en noviembre de 2019. La colocación hidráulica comenzó en el Sector N1 de la Presa de Arranque del Norte en diciembre de 2019 y ha continuado hasta la fecha.

2.3. Normativa, Legislación, Códigos y Antecedentes Prácticos

Este OMS se desarrolló de acuerdo con las pautas de la Asociación Minera de Canadá (MAC 2019a, MAC 2019b), con aportes de la Asociación Canadiense de Presas (CDA), las Pautas de Seguridad de Presas (2007, con revisión de 2013) y el Boletín Técnico para la Aplicación de Pautas de Seguridad de Presas a Presas Mineras (2014).

FQML es responsable del cumplimiento de los reglamentos, la legislación y los códigos locales. Los permisos y la información regulatoria para el proyecto Cobre Panamá se dan en [el Apéndice II](#).

2.4. Protección del medio ambiente

El TMF está diseñado para proporcionar almacenamiento para los materiales de relaves de una manera ambientalmente aceptable consistente con los estándares ambientales internacionales y de Panamá. El personal operativo debe tener una comprensión clara de los problemas ambientales clave y los criterios de cumplimiento asociados con el TMF.

El seguimiento ambiental se realizará de forma rutinaria. Los operadores y supervisores deben informar cualquier caso en el que pueda faltar protección ambiental y tomar medidas correctivas según corresponda para proporcionar un rendimiento aceptable de la instalación.

El programa de gestión ambiental de FQML se da en [el Apéndice III](#).

2.5. Plan de Salud y Seguridad

El Plan de Salud y Seguridad de todo el sitio, incluidos los requisitos e inducciones requeridos para el personal que trabaja en el TMF, se proporciona en [el Apéndice IV](#).

3. GOBERNANZA DE LA OMS

3.1. Organigrama

La Figura 3.1 muestra la estructura organizacional para operar el TMF, la cual debe actualizarse a lo largo de las operaciones con cambio de personal. El organigrama detallado se proporciona en el Apéndice V-1. Las funciones y responsabilidades se describen en la Sección 3.2.

	Manual de Operaciones, Seguimiento y Vigilancia OMS Instalación de Manejo de relaves	Revisión		Página
		#	Fecha	
	Documento No. 1824-363-CI-RPT-T0000	C	12/mayo/2023	12

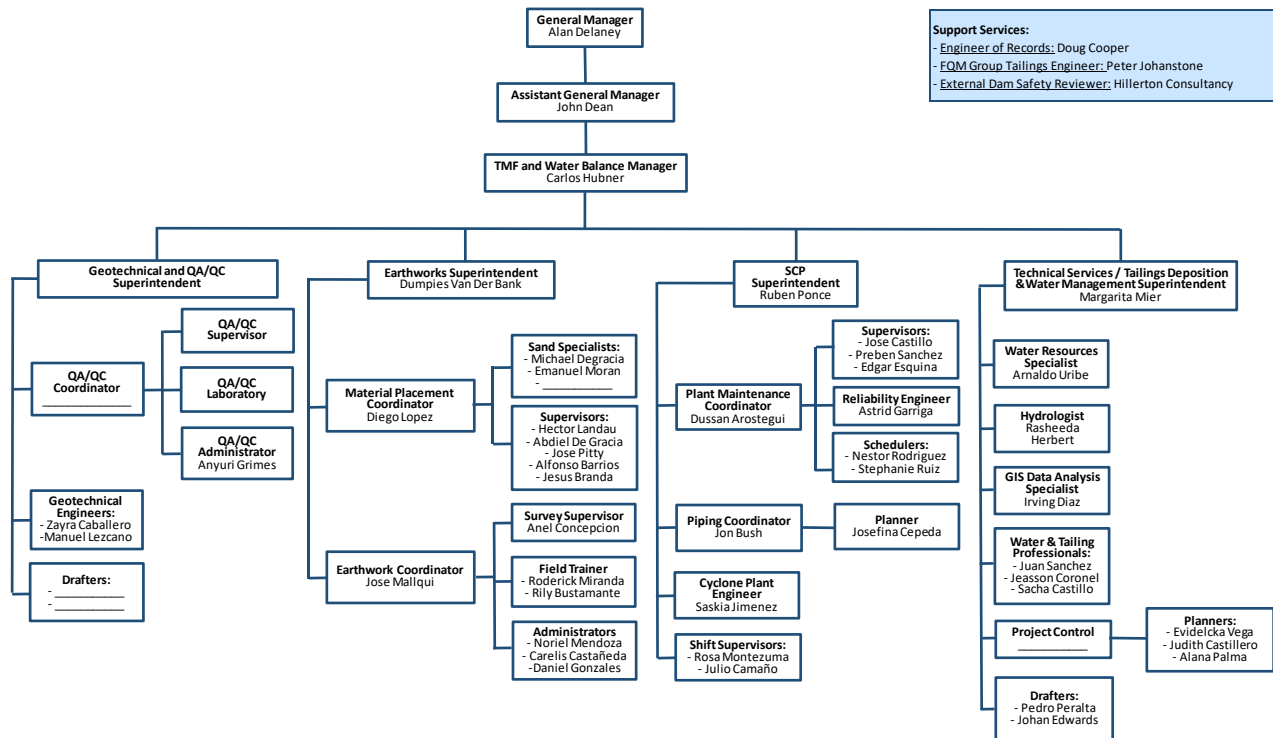


Figura 3.1 Organigrama

3.2. Funciones organizativas, responsabilidades y autoridad.

FQML se compromete a proporcionar liderazgo y asumir la responsabilidad, la rendición de cuentas y la autoridad de la OMS y la seguridad del TMF. La persona directamente responsable de la seguridad de la presa y todas las estructuras asociadas, propiedad y operadas por FQML es el Gerente de Operaciones y Balance Hídrico de TMF (TMF Manager). Si el Gerente de TMF no está disponible o no se puede contactar, se debe contactar a su suplente designado (por FQML).

El personal responsable de cada área TMF debe tener pleno conocimiento de este manual y reconocer con su firma tener pleno conocimiento y comprensión de su contenido.

Los roles y responsabilidades de cada miembro del equipo se resumen en el [Apéndice V-2](#).

3.3. Gestión del cambio a través del ciclo de vida y actualizaciones de documentos

FQML debe actualizar el manual de OMS para garantizar que los planes estén actualizados, de la siguiente manera:

- ❖ Mínimo anual.
- ❖ Después de cualquier cambio corporativo o en el equipo o personal responsable de TMF.
- ❖ Después de cualquier cambio en el diseño (es decir, configuración o zonificación de la sección de la presa) u operación (por ejemplo, aumento en la producción o calibración del balance hídrico o modelos de balance de masa).

	Manual de Operaciones, Seguimiento y Vigilancia OMS Instalación de Manejo de relaves		Revisión		Página
			#	Fecha	
	Documento No. 1824-363-CI-RPT-T0000		C	12/mayo/2023	13

- ❖ Después de cualquier parada temporal de la operación.
- ❖ Después de cualquier cambio regulatorio o de gobierno relacionado con la operación de TMF.
- ❖ Después de que se haya superado o cambiado un indicador clave de rendimiento crítico.
- ❖ Antes o después de un cambio en el ciclo de vida del TMF.

El documento debe ser controlado por el Gerente de TMF o la persona designada por FQML como se discute en la Sección 3.2 y cada revisión debe ser numerada y las versiones antiguas archivadas. Consulte la página de control de documentos al principio de este documento.

3.4. ENTRENAMIENTO Y COMPETENCIA

FQML debe realizar un taller de capacitación sobre la OMS para todo el personal involucrado. Se debe completar un registro completo de asistencia. El [Apéndice V-3](#) resume el nivel de conocimiento recomendado requerido para cualquier personal involucrado en la operación de TMF. La Tabla 3-1 resume el conocimiento mínimo recomendado.

FQML dirigirá el taller de capacitación. El taller cubrirá la OMS, centrándose en los controles de diseño, los aspectos operativos del sistema de recuperación de agua, la eliminación de relaves, la gestión del agua y una revisión detallada de la construcción, el mantenimiento y el monitoreo del TMF.

Posición	Inducción Capacitación	Revisión del plan del manual de operaciones	Revisión del informe de cierre	Revisión del manual de operaciones	Planes de acción en caso de emergencia:	Capacitación en Seguridad y Salud en el Trabajo	Medioambiental Capacitación
Gerente de Operaciones y Balance Hídrico de	X	X	X	X	X	X	X
El proyecto debe	X	X	X	X	X	X	X
Coordinador de QC/QA	X	X	X	X	X	X	X
Coordinador de SCP	X	X		X	X	X	X
Especialista Recursos Hídricos	X	X		X	X	X	X
Superintendente de Depósito de Relaves y Gestión del Agua	X	X	X		X	X	X
Coordinador de Ingenieros de Campo	X	X			X	X	X
Especialistas en presas de arena	X	X			X	X	
Coordinador de movimiento de tierras	X	X			X	X	X
Superintendente de Movimiento de Tierras	X	X			X	X	X
Profesional eléctrico/ mecánico	X	X		X		X	X
Ingeniero de Registros	X	X	X	X	X		
Superintendente Geotécnico y QA/QC	X	X	X	X	X	X	X
Ingeniero geotécnico	X	X	X	X	X	X	X
Consultor de seguridad de presas	X	X	X	X		X	X

Tabla 3-1 Resumen del nivel recomendado de conocimiento y capacitación.

3.5. Directorio de comunicaciones

En el [apéndice V-4](#) figura un directorio de comunicaciones. Este directorio muestra información del personal dentro y fuera del sitio y debe ser actualizado por FQML, como mínimo cada 6 meses.

3.6. Regulaciones de seguridad de la presa de relaves

	Manual de Operaciones, Seguimiento y Vigilancia OMS Instalación de Manejo de relaves		Revisión		Página
			#	Fecha	
	Documento No. 1824-363-CI-RPT-T0000		C	12/mayo/2023	14

FQML encargará a una institución consultora la realización de auditorías anuales de seguridad para verificar el cumplimiento de la Normativa de Seguridad de Presas.

El consultor designado, actualmente Hillerton Consulting, es responsable de la emisión y presentación de informes de observación. FQML y el diseñador (Ingeniero) deben abordar las observaciones en el menor tiempo posible y, si es necesario, el diseñador debe realizar un análisis geotécnico complementario.

4. CONDICIONES DEL SITIO

4.1. Acceso al sitio

El [Apéndice VI](#) proporciona información de los accesos disponibles y planificados por FQML a y dentro del TMF para monitoreo, vigilancia, reparación o mitigación para contener cualquier daño potencial. Si el acceso no está fácilmente disponible para un posible escenario de falla (suponiendo que el acceso actual no esté disponible), FQML debe desarrollar e incluir un plan para un acceso alternativo para garantizar que dicho acceso se desarrolle de manera oportuna para la próxima revisión de este OMS.

4.2. Condiciones del sitio

Los detalles sobre las condiciones del sitio se pueden encontrar en los informes de diseño que figuran en el Apéndice I.

4.2.1. Topografía

El TMF se encuentra en un área de topografía ondulada con pendientes del suelo que van de 20° a 45°. Los arroyos Río Jujuka y Río del Medio drenan a través de la línea central de la presa norte que fluye de norte a noreste con grados que van del 1% al 5%. El terraplén del Este se localiza cerca de una división de la captación local con la tierra creciente al este.

4.2.2. Clima e hidrología

La precipitación media anual es de 4.526 mm con una precipitación media mensual de 377 mm. La temporada “húmeda” es de noviembre a diciembre, mientras que la temporada “seca” es de febrero a marzo. La tasa de evaporación anual es de 1.134 mm, con una evaporación mensual de 72 mm a 133 mm. La temperatura del aire oscila entre 20°C y 32°C. La cuenca del TMF es de aproximadamente 30 km². La precipitación máxima probable (PMP en 24 horas) es 1010 mm. Las precipitaciones diarias son de 347 mm para un período de retorno de 1 en 100 años y 428 mm para 1 en 1000 años.

4.2.3. Geología del Lecho Rocoso y perfil de meteorización

El lecho de roca en el sitio comprende granodiorita del Batolito de Petaquilla y andesita verde oscuro. El perfil de meteorización se extiende a una profundidad promedio de más de 20 m y consiste en suelo residual sobre saprolita, luego saprock en transición a lecho de roca fresco. La saprolita es típicamente más gruesa que los máximos topográficos y se forma a partir de andesita. El saprock comprende piedras de núcleo dentro de la matriz del suelo, y se gradúa hacia arriba a saprolita. Otras unidades de suelo coluvial y fluvial transportadas están presentes principalmente en los canales de drenaje y en la base de las crestas. Consulte JVP (2013) y KCB (2015).

	Manual de Operaciones, Seguimiento y Vigilancia OMS Instalación de Manejo de relaves		Revisión		Página
			#	Fecha	
	Documento No. 1824-363-CI-RPT-T0000		C	12/mayo/2023	15

4.2.4. Hidrogeología

Las aguas subterráneas son controladas por relieve topográfico local y unidades geológicas. Los niveles de agua están cerca de la superficie a lo largo de los fondos del valle y de 5 m a 10 m de profundidad en las crestas. La porción superior del perfil sometido a la intemperie (es decir, aluvión a saprock) se drena eficientemente y puede comportarse como una sola unidad hidroestratigráfica con una capacidad de almacenamiento relativamente alta y una conductividad hidráulica media a baja.

4.2.5. Sismicidad

El TMF se encuentra en una zona altamente sísmica. Los terremotos son generados por las placas de Nazca y Cocos que subducen/interactúan con la placa del Caribe. Los terremotos ocurren en la losa de subducción de Nazca, en la interfaz de subducción y en la placa minicontinental. Varios consultores han realizado evaluaciones de riesgos sísmicos (SHA) para el sitio de la mina, incluidos AMEC Geomatrix (2011), GEO Consultores (2013) y la Universidad de Panamá (2013). El peligro sísmico de Panamá también se ha estudiado ampliamente para la nueva expansión del Canal de Panamá. Esto ha incluido zanjas de fallas que han demostrado que Panamá ha experimentado grandes terremotos recientes, a pesar de ser relativamente quiescente en comparación con las áreas vecinas.

Las aceleraciones máximas del suelo (PGA) varían entre las evaluaciones de peligro sísmico específicas de los tres sitios debido a suposiciones variables sobre las funciones de atenuación, los límites zonales, etc. FQML estipula que KCB adopte los resultados del estudio de la Universidad de Panamá (2013), que se basa en los resultados del informe GEO Consultores (2013). El PGA para un periodo de retorno de 1:10000 años es de 0,56g. Consulte KCB (2015) para obtener detalles de Diseñadores del TMF.

4.3. Área de préstamos y canteras

Las áreas de préstamos y canteras destinadas a extraer material granular y relleno de rocas para la construcción de la presa se obtienen del pozo principal de Cobre, desde el desmantelamiento de la cantera TMF en diciembre de 2019. El pozo operativo actual es Botija y la extracción de rocas es administrada por el Equipo de Operación Minera.

La saprolita se tomó prestada de las áreas de préstamos locales dentro de la huella de la presa y la cuenca. Los detalles de estas actividades se dan en el Informe de Registro de Construcción (CRR) de FQML incluido en el Apéndice XIX-6.

4.4. Entorno ambiental y social

La evaluación ambiental y social del proyecto Cobre Panamá se da en el [Apéndice III](#).

5. INTENCIÓN Y CRITERIOS DE DISEÑO DE TMF

El Apéndice VIII incluye el [Diseño de Elevación de Arena por Desbordamiento de Relaves](#) que describe la base de diseño y los criterios para el diseño de Elevación de Presa de Arena (KCB 2015). Se [desarrollará un Memorando de Base de Diseño \(DBM\)](#) tras los cambios de diseño. La intención del diseño del TMF es:

- ❖ Construya una concha de presa de arena de ciclón bien drenada, densa y dilatadora, elevada de manera consistente con la tasa de embalsamiento de aumento y almacenamiento.
- ❖ Mantenga los requisitos de francobordo y almacenamiento de inundaciones mientras establece una amplia playa de relaves para mantener los niveles operativos y de inundación del estanque lejos de la presa de arena.

	Manual de Operaciones, Seguimiento y Vigilancia OMS Instalación de Manejo de relaves		Revisión		Página
			#	Fecha	
	Documento No. 1824-363-CI-RPT-T0000		C	12/mayo/2023	16

- ❖ Operar y monitorear el TMF de manera de prevenir y mitigar la filtración excesiva, la inestabilidad, la erosión para mantener la seguridad y cumplir con los requisitos de permisos.

En 2018, KCB completó un estudio de agotamiento de ruptura de presa (ver Apéndice IX) para informar la clasificación de la consecuencia de falla de presa de acuerdo con las pautas de CDA (CDA 2013, CDA 2014). Los efectos de una posible inundación debido a una ruptura de la presa se describen en la Sección 14.3.

El TMF está clasificado como una estructura de consecuencias extremas y, por lo tanto, está diseñado para:

- ❖ Dirija el evento de inundación de diseño de flujo de entrada (IDF) establecido como el evento de precipitación máxima probable (PMP) de 24 horas de duración a través de la torre del vertedero. FQML ha incluido las siguientes contingencias sobre este evento para estimar los niveles mínimos de cresta de la presa:
 - Enrutar de forma segura el evento de 24 horas de duración PMP; y,
 - Agregue la contingencia para la subida de las olas, estimada como un mínimo de 0.9 m.
- ❖ Cumplir con los criterios de estabilidad para un período de retorno de 1:10 000 años (PGA de 0,56 g).

La elevación de la presa de arena ciclónica cambiará del método aguas abajo a un método de línea central modificada.

Los relaves se bombearán desde la planta de proceso como lodo al TMF, las tuberías de distribución se acercarán al área de TMF desde la esquina sureste y viajarán hacia el norte u oeste a lo largo del perímetro sur del embalse. Los relaves dirigidos hacia el norte se descargarán de las espigas a lo largo de las crestas del terraplén o se desviarán a la casa del ciclón para producir arena de subdesbordamiento para la construcción de la concha aguas abajo.

El sistema de distribución de relaves considera los puntos de descarga a lo largo del lado de la cresta del TMF para evitar la formación de dos estanques de decantación separados y controlar la operación de la barcaza de recuperación.

6. COMPONENTES TMF

En esta sección se resumen los principales componentes del TMF.

6.1. Planta de Procesos y Casa de Ciclones

El Apéndice X incluye una descripción detallada de la planta de proceso y la operación de la casa ciclónica a un lado con los Procedimientos de Operación Estándar (SOP).

6.2. Presas de arranque.

Las presas de arranque norte y este son presas de relleno de tierra zonificadas con un núcleo central de saprolita compactada y soportadas por saprolita más gruesa compactada o por relleno de roca gruesa. Se incluye una transición de filtro aguas abajo del núcleo para el drenaje y la compatibilidad del filtro. Las bermas de contrafuerte aguas arriba y aguas abajo se incluyen para cumplir con los criterios de estabilidad. Consulte JVP (2013).

Las presas de arranque norte y este tienen una longitud de 3,5 km a 5 km y una altura de 40 m a 30 m, respectivamente. La última presa construida con arena de ciclón compactada llegará a El. 146 m con una altura de 107 m.

	Manual de Operaciones, Seguimiento y Vigilancia OMS Instalación de Manejo de relaves		Revisión		Página
			#	Fecha	
	Documento No. 1824-363-CI-RPT-T0000		C	12/mayo/2023	17

Las estructuras que comprenden las presas de arranque antes de la elevación de la presa de arena ciclónica son:

- ❖ Presa de Arranque del Norte (de este a oeste):
 - Sector N1 (completado a EL. 76 m.
 - Sector N2 (completado a EL. 76 m.
 - Sector N3 (completado a EL. 76 m), y
 - Sector N4 (completado a EL. 76 m.
- ❖ Presa de Arranque del Este (de norte a sur):
 - Sector E1 a E8 (completado a EL. 76 m.
 - Sector E9 (completado a EL. 76 m), y
 - Sector E10 (completado a EL. 76 m.
- ❖ Presa del Oeste (de sur a norte):
 - Presa del Oeste 1 (los dibujos oficiales de IFC están en desarrollo)
 - Presa del Oeste 2 (los dibujos oficiales de IFC están en desarrollo)
 - Presa del Oeste 3 (los dibujos oficiales de IFC están en desarrollo)
 - Presa del Oeste 4 (los dibujos oficiales de IFC están en desarrollo)
 - Presa del Oeste 5 (los dibujos oficiales de IFC están en desarrollo)
 - Presa del Oeste 6 (construcción en marcha, completado a EL. 90.m)
 - Presa del Oeste 7 (los dibujos oficiales de IFC están en desarrollo)
- ❖ Dique Sur (planificado – planos de diseño en revisión).

Se construyeron ataguías a través de los drenajes Del Medio y Jujuka. Se construyeron canales de drenaje para desviar el agua hacia la torre de decantación. También se construyeron canales temporales de desvío durante las actividades de construcción. Todas estas estructuras se inundaron después de los años iniciales de descarga de relaves. Consulte el registro de construcción de FQML en el Apéndice XIX-5.

6.3. Plataformas de roca estéril (WRP).

Las plataformas de roca residual aguas abajo de las presas de arranque proporcionan un área más plana, ancha y drenada para la colocación de arena hidráulica sobre terrenos difíciles. Las plataformas se encuentran en los tres principales drenajes de la presa norte, así como en las áreas bajas locales en la presa este. Las plataformas se nivelan

	Manual de Operaciones, Seguimiento y Vigilancia OMS Instalación de Manejo de relaves	Revisión		Página
		#	Fecha	
	Documento No. 1824-363-CI-RPT-T0000	C	12/mayo/2023	18

(3%) para mantener una pendiente positiva después de que la cimentación se asiente debido a la creciente carga de la presa de elevación. En el este, las plataformas se nivelan para desviar la escorrentía hacia un área de recolección o un canal de desvío, o son relativamente horizontales.

Las plataformas de roca residual se diseñaron con los siguientes criterios:

- ❖ Sea compactable con filtro con Zona 9 (drenaje primario).
- ❖ Sea libre de drenaje para evitar que las presiones piezométricas se eleven en la arena del flujo inferior y drene cualquier descarga de agua subterránea de la cimentación.
- ❖ Ser predominantemente granular con pocos finos para reducir el asentamiento bajo la carga de la presa.
- ❖ Tener una mayor resistencia bajo cargas estáticas y sísmicas que la saprolita de cimentación.

El diseño especifica la Zona 7 (Rockfill) para las plataformas de roca residual. El límite más fino de la Zona 7 se modificó entonces para asignar los materiales disponibles. Esta zona se llama ahora Zona 7B. Las plataformas de roca de desecho se construyeron hasta la huella de la presa de arena de 10 años de explotación.

6.4. Sistema de subdrenaje

El sistema de drenaje inferior: (a) mantendrá una superficie piezométrica baja y la arena de flujo inferior insaturada, y (b) servirá como un filtro de transición a las plataformas de roca residual. El diseño original de los desagües inferiores se describe a continuación:

- ❖ **Drenaje primario:** Una capa de Zona 9 de 2 m de espesor cubierta por una Zona 3 de 1 m de espesor (filtro). Se requiere una zona de transición (Zona 7A) sobre la plataforma de roca residual antes de la colocación de la Zona 9. La zona 3 se extiende sobre la pendiente aguas abajo de las Presas de Arranque con un espesor de 1,5 m (perpendicular a la pendiente).
- ❖ **Drenaje(s) de dedos:** una zona 9 de 1 m de espesor cubierta por 0,6 m de la zona 3 (arriba) y 0,5 m (abajo).
- ❖ **Drenaje de manta:** una elevación de 1,5 m de espesor de la Zona 3 entre la saprolita nativa y el desagüe.

El drenaje primario está sobre la berma de contrafuerte aguas abajo de la presa de arranque y las plataformas de roca de desecho y es el sistema de drenaje primario para mantener la carcasa de la presa bien drenada. Los drenajes de los dedos son drenajes estrechos (tipo drenaje francés) incluidos en áreas aisladas para mejorar el drenaje. El drenaje de la manta está presente en la mayor parte de la cimentación y transporta las filtraciones procedentes de la infiltración debido a la lluvia, las filtraciones del embalse o la colocación de celdas hidráulica a un drenaje primario o a un drenaje de dedo.

El montículo y la topografía compleja crean un sistema de drenaje desafiante para el TMF. El drenaje de la carcasa de la presa se basa en la conectividad hidráulica entre los desagües de dedo y manta en el drenaje primario, especialmente en áreas confinadas por la topografía para transportar agua.

El drenaje inferior se construirá progresivamente a medida que se extienda la punta de la presa de arena. En algunas áreas puede ser ventajoso hacer avanzar los desagües inferiores mucho antes del relleno de arena de desagüe inferior.

En diciembre de 2019, FQML solicitó a KCB que evaluara la posible reducción de los materiales de drenaje requeridos debido a las fuentes limitadas de roca y la capacidad de producción limitadas y que acelerara la preparación de

	Manual de Operaciones, Seguimiento y Vigilancia OMS Instalación de Manejo de relaves		Revisión		Página
			#	Fecha	
	Documento No. 1824-363-CI-RPT-T0000		C	12/mayo/2023	19

celdas hidráulicas para la colocación de arena. KCB redujo el espesor de la capa de la Zona 3 sobre la pendiente aguas abajo de la presa de arranque de 1,5 m a 1 m (perpendicular a la pendiente) y recomendó la modificación del espesor adoptado por FQML sobre la berma de contrafuerte aguas abajo de 1,5 m a 1 m de espesor (ahora similar a los requisitos de la plataforma de roca residual).

Se solicitó una evaluación adicional de FQML que condujo a un análisis de filtración y desplazamiento sísmico presentado por KCB en un Informe Técnico el 4 de abril de 2020. El camino final recomendado para avanzar es como se detalla en la Tabla 6-1.

Ubicación	Material	Espesor mínimo	Observaciones
Pendientes de la presa de arranque	Zona 3	1.0 (perpendicular a la pendiente)	o reducción adicional a la realizada en diciembre de 2019
Contrafuerte aguas abajo y plataformas de roca de desecho	Zona 3	0.6	Colocar en un solo elevador (suelto) con pruebas de control de calidad de densidad en las mitades inferior y superior del elevador
	Zona 9	1.5	encaje y prueba siguiendo los protocolos de construcción actuales
Desagüe de manta en terreno nativo	Zona 3	0.6	Colocar en un solo elevador (suelto) con pruebas de control de calidad de densidad en las mitades inferior y superior del elevador

Tabla 6-1 Espesor de la capa de drenaje inferior (200404_TQ015-FilterReview_Rev1)

6.5. Desarrollo de presas de arena

6.5.1. Tasa de aumento de la presa de arena del ciclón

La configuración final de la presa de arena (ver Figura 2.2) tiene un ancho mínimo de cresta de 20 m y una pendiente aguas abajo de 3H:1V con bermas de contrafuerte de 50 m de ancho. La tasa de elevación depende de la tasa de colocación de arena requerida para lograr la configuración mínima de la presa requerida para mantener el francobordo. KCB realizó una actualización de la secuenciación de presas en 2018 (ver Apéndice XI-1) basada en el modelo de deposición DECA (2018). FQML actualizó el modelo de deposición en 2020 (consulte la Sección 9), pero mantuvo la configuración de 2018. El modelo 2020 consideró:

- ❖ Desarrollar una cabeza de playa de relaves más ancha y alta de lo requerido en la Presa Este. La sección inicial de la Presa del Este se elevará a El. 85 m mecánicamente utilizando arena de subdesbordamiento. Idealmente, la playa de relaves más alta (hipotéticamente) no se inundará durante un evento de inundación.
- ❖ Enfocar la descarga a la Presa Este resultará en una playa de relaves más baja en la Presa Norte. Se construyó una barrera de protección de saprolita en la pendiente aguas arriba de El. 85 m porque la playa se inundará durante el evento de inundación (ver sección 6.6). La Presa Norte se elevará con subdesbordamiento en celdas colocadas hidráulicamente.

Después de que se establezca la amplia playa y la presa se eleve por encima de El. 85 m, puede haber períodos temporales cuando la playa de relaves está a menos de 600 m; es decir, en el Sector N4 de la Presa Norte considerando la proximidad de la torre de decantación y en áreas donde la punta aguas arriba del terraplén está

	Manual de Operaciones, Seguimiento y Vigilancia OMS Instalación de Manejo de relaves		Revisión		Página
			#	Fecha	
	Documento No. 1824-363-CI-RPT-T0000		C	12/mayo/2023	20

demasiado cerca de un arroyo natural con cantidades potencialmente grandes de agua canalizada. En estos lugares, se tomarán medidas adicionales (véase la sección 6.6).

FQML depende en gran medida de la gestión operativa de la playa de relaves y el estanque, mientras que descarga únicamente a través de la torre del vertedero. FQML ha decidido no planificar la puesta en escena de la construcción de un vertedero de emergencia en esta etapa (consulte la Sección 6.7). Esto elimina la redundancia en la estrategia de gestión de aguas superficiales y debe ser monitoreado de cerca.

Los controles operativos críticos incluyen:

- ❖ Volúmenes de arena estimados para cumplir con la configuración (línea ordenada, volúmenes en el lugar).
- ❖ Filtrar las tasas de producción y colocación, caso base e incluir la asignación de tiempo de inactividad.
- ❖ Producción media diaria de arena y tasas de colocación para la planificación de relaves a largo plazo.

La planificación de la construcción a corto plazo será gestionada por el equipo de operaciones de FQML para adaptarse a las condiciones reales. Los planes de relaves a largo plazo deben actualizarse anualmente e incluir controles para confirmar que se mantienen los criterios de diseño (por ejemplo, estabilidad de la pendiente, francobordo) y que hay suficiente arena disponible para cumplir con los requisitos de construcción. Los aumentos de la cresta de la presa objetivo deben revisarse utilizando registros de deposición de relaves, tasas reales de producción de relaves y propiedades de relaves, registros climáticos actualizados y control de estanques de decantación de agua de la barcaza de recuperación.

Consulte el [Apéndice XI-2](#) para conocer el programa de velocidad de elevación del FQML.

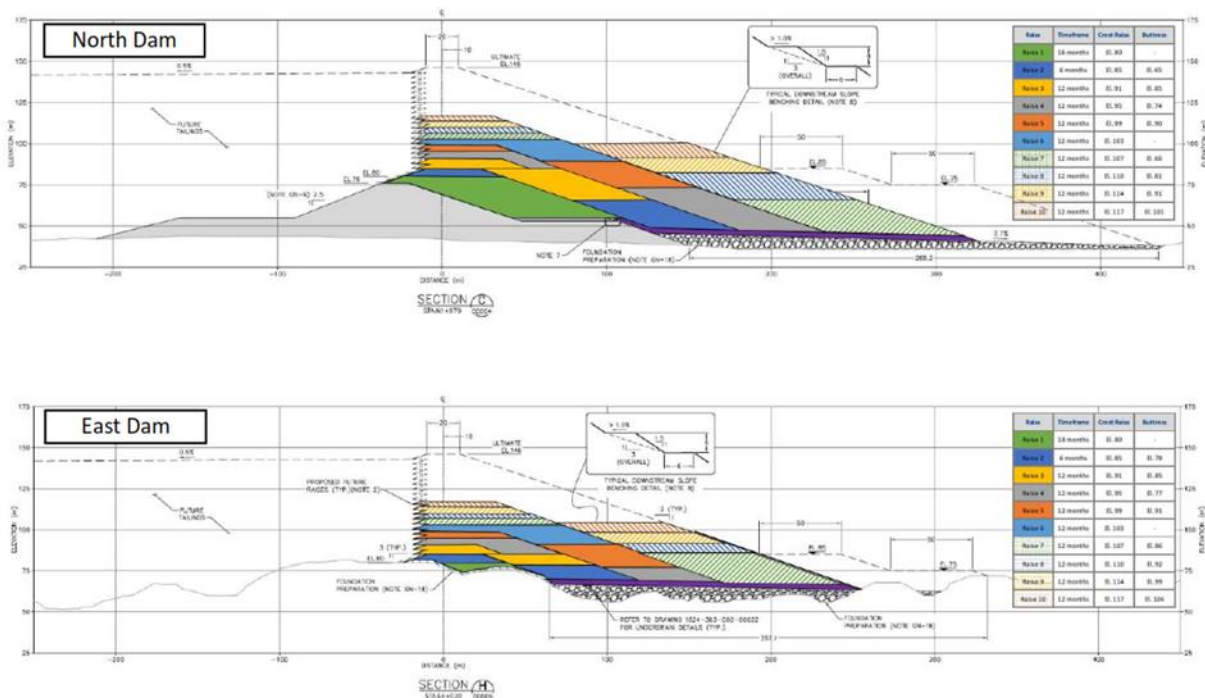


Figura 6.1 Secuencia de levantamiento de presas (KCB 2018b – Ver Apéndice XI-1)

	Manual de Operaciones, Seguimiento y Vigilancia OMS Instalación de Manejo de relaves		Revisión		Página
			#	Fecha	
	Documento No. 1824-363-CI-RPT-T0000		C	12/mayo/2023	22

6.6. Medidas de protección contra inundaciones

El agua embalsada demasiado cerca de la cresta de la presa es uno de los principales factores que contribuyen a las fallas o problemas de rendimiento con las presas de arena de subdesbordamiento. Dado que no hay precedencia operativa en un clima húmedo como este, es necesaria una barrera contra inundaciones hasta que se establezca la amplia playa de 400 m alrededor de todo el perímetro de TMF. Esto requiere un control de diseño en lugar de un control de mitigación considerando que dada la longitud de las crestas y el área de pendiente aguas arriba, no es práctico desplegar rápidamente una barrera contra inundaciones aguas arriba sobre la cara del terraplén durante un evento de inundación o si la playa de relaves no se puede desarrollar durante las primeras operaciones.

Se propusieron los siguientes controles de diseño en KCB (2015):

Forro de geomembrana / saprolita

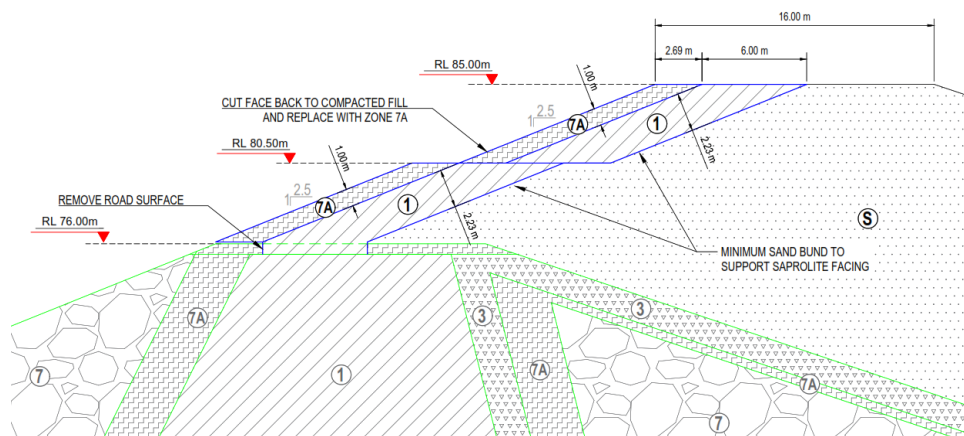
La estrategia de desarrollo de Tailings Beach, durante la Etapa 1 y 2 de Sand Dam Raise, se centrará en la descarga en la Presa Este, lo que dará como resultado una playa de relaves más baja en la Presa Norte. Por lo tanto, se identificó una barrera de saprolita esencial en North Dam Sand Dam Raise, desde la elevación de la cresta 76mRL hasta 85mRL, para proteger el terraplén de eventos de inundación.

Inicialmente se propuso una geomembrana de polietileno lineal de baja densidad (LLDPE) sobre la pendiente aguas arriba de la presa de arranque, atada al núcleo existente y anclada a los pilares en saprolita nativa. Consulte KCB (2015).

En 2020 se inició un cambio de diseño para reemplazar la geomembrana con un revestimiento de saprolita. Los planos de diseño detallados fueron emitidos por FQML en julio de 2020 bajo la dirección del ingeniero de registros, Doug Cooper.

Los planos oficiales de Saprolite Lining, Emitidos para Construcción (IFC), se completaron y aprobaron en febrero de 2021. Sección típica mostrada en la Figura 6.3. Consulte el Apéndice XIX-6 para ver los planos de IFC.

La construcción de la estructura comenzó en octubre de 2020 y se completó en agosto de 2021. Véase el apéndice XIX-6 para el CRR.



	Manual de Operaciones, Seguimiento y Vigilancia OMS Instalación de Manejo de relaves		Revisión		Página
			#	Fecha	
	Documento No. 1824-363-CI-RPT-T0000		C	12/mayo/2023	23

Figura 6.3 Sección típica del revestimiento de saprolita (1824-363-CI-DRG-T0060)

Protección contra inundaciones en playas estrechas

En lugares donde no es posible establecer el ancho mínimo de la playa de diseño, se recomiendan las siguientes medidas:

- ❖ **En el sector N4 de la presa norte:** se debe construir una berma de protección contra inundaciones aguas arriba con un ancho mínimo de 100 m en el embalse. La arena de relaves puede colocarse mecánica o hidráulicamente. Se prefiere un producto de arena de mayor contenido de finos con una conductividad hidráulica más baja (es decir, ciclones primarios).

La elevación de la berma debe tener en cuenta el asentamiento.

- ❖ **En las celdas de la presa este 12 y 13:** Se debe construir una protección de cara aguas arriba considerando que la topografía existente del área obliga a la deposición de relaves y la escorrentía a canalizarse entre una colina natural y los terraplenes del este.

La protección facial aguas arriba consistirá en una capa de relleno de roca de 2 m de espesor transicionada por un geotextil como se muestra en la Figura 6.4.

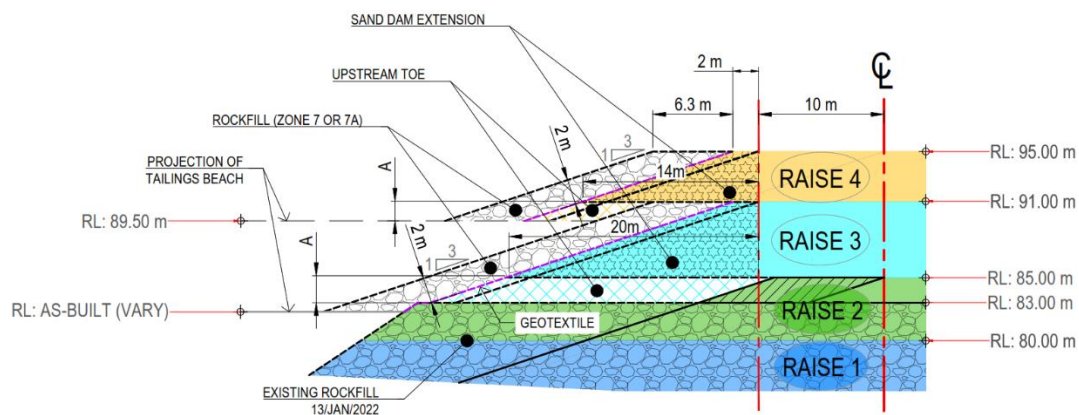


Figura 6.4 Protección facial aguas arriba en las celdas 12 y 13 de la presa este (1824-363-CI-DRG-T0136)

Las protecciones contra inundaciones mencionadas anteriormente no están diseñadas como una estructura de retención de agua, por lo que no deben retener un estanque permanente.

6.7. Estructuras de Control del Embalse deTMF

6.7.1. Torre y túnel del aliviadero

La descarga del embalse de TMF se realizará a través de un sistema de torre de aliviadero. La torre del aliviadero está planificada en dos fases. La torre y el túnel de la Fase 1 se completaron en 2017 y comenzaron a descargarse

	Manual de Operaciones, Seguimiento y Vigilancia OMS Instalación de Manejo de relaves		Revisión		Página
			#	Fecha	
	Documento No. 1824-363-CI-RPT-T0000		C	12/mayo/2023	24

desde mediados de 2018. La torre del aliviadero y el diseño del túnel fueron modificados por FQML durante la construcción a un diámetro del túnel más grande para aumentar la capacidad de descarga adicional. Los impactos de esta modificación fueron evaluados por Golder 2021 e informados a FQML (ver [Apéndice XII-4](#)).

La torre del aliviadero de Fase 1 en la esquina noroeste del TMF operará hasta que el nivel de relaves alcance EL. 96 m. Esto ocurrirá a principios de 2025 según el modelo de deposición de relaves más reciente disponible. La torre del aliviadero de la Fase 2 se construirá más al sur y operará hasta el último nivel de los relaves.

La torre del aliviadero y el túnel son la descarga principal del exceso de agua del estanque desde el TMF y debido a la gran captación y la alta precipitación, se espera una descarga continua. El agua del estanque fluirá sobre el vertedero de cresta ancha de la torre del vertedero y se descargará en el túnel hacia una cuenca oeste fuera de la huella de TMF. La elevación del vertedero se puede elevar con topes para gestionar el nivel del estanque. Sin embargo, los tapones se vierten con concreto y no se pueden quitar.

Se instalaron varias cortinas de turbidez alrededor de la torre del vertedero para restringir el movimiento de los sólidos suspendidos hacia la entrada de la torre. La torre y el túnel del vertedero y los Procedimientos de Operación Estándar (SOP) se dieron en [el Apéndice XII-1](#).

6.7.2. Canal de Aproximación

La conexión entre el estanque de TMF ascendente y la torre de aliviadero de Fase 1 es por un Canal de Aproximación. Este canal es una estructura crítica para la operación. FQML ha iniciado la construcción de un segundo canal hacia la entrada de decantación. La inspección de los canales de aproximación forma parte de los controles operativos necesarios para mantener el rendimiento de la decantación. Los detalles sobre el canal de aproximación se dan en [el Apéndice XII-2](#).

6.7.3. Barcaza de bombeo de recuperación de agua

El TMF tiene un sistema de barcaza de bombeo de recuperación de agua flotante para recuperar agua a la Planta de Procesos. FQML indicó que no hay un sistema de respaldo para la barcaza. El oleoducto corre aguas abajo de la línea final de la presa Norte casi paralela al eje de la presa. Los Procedimientos de Operación Estándar (SOP) para el sistema de recuperación de agua se dan en [el Apéndice XII-3](#).

6.7.4. Aliviadero de emergencia

En 2019, FQML estipuló que el aliviadero de emergencia no se construirá al menos durante los primeros años de operación. FQML se basará en la estrategia de gestión y deposición de estanques para controlar los niveles de agua y mantener el agua lejos de la presa. Consulte la Sección 8.

6.8. Desviación de aguas superficiales

La topografía natural se comporta de manera diferente en la Presa Norte y en la Presa Este, como se detalla a continuación:

	Manual de Operaciones, Seguimiento y Vigilancia OMS Instalación de Manejo de relaves		Revisión		Página
			#	Fecha	
	Documento No. 1824-363-CI-RPT-T0000		C	12/mayo/2023	25

- ❖ **Presa Norte:** Aguas abajo de la Presa Norte, el terreno ondulado natural generalmente se inclina lejos de la huella de la presa. Sin embargo, un acceso (North Toe Road) interrumpe completamente la escorrentía proveniente del área de terraplén. Por lo tanto, se instaló un conjunto de tuberías en elevaciones estratégicas para garantizar la escorrentía continua de agua.
- ❖ **Presa Este:** Por el contrario, la topografía natural aguas abajo de la Presa Este es irregular y generalmente se inclina hacia la línea central. Para permitir que la escorrentía se drenara lejos de los terraplenes, se construyeron canales de drenaje al final de cada una de las plataformas de roca de desecho (WRP).

No se permitirá que el agua se estanque directamente contra la base de ninguna de las presas. Se debe mantener un gradiente hidráulico positivo, permitiendo que el sistema de drenaje inferior filtre el agua de los terraplenes en todo momento.

La escorrentía se recogerá y desviará a un estanque de recolección en el que se permitirá la sedimentación aguas abajo y lejos de los terraplenes.

Los planos detallados de los estanques de recolección de escorrentía se dan en el Apéndice XIII.

6.9. Recolección y Recuperación de Filtraciones del TMF

Las filtraciones del TMF serán recogidas por el sistema de recogida de filtraciones. El sistema de recolección de filtraciones incluye un conjunto o estructuras que han sido diseñadas para interceptar filtraciones y recuperarlas al embalse de TMF:

- ❖ **Presa Norte:** La recolección de filtraciones está siendo llevada a cabo mediante **Estanques de recogida de Aguas de Filtración**.
- ❖ **Presa Este:** La recolección de filtraciones se llevará a cabo mediante la implementación de **Pozos de Recolección de Aguas de Filtración**.

Los detalles de los sistemas de recolección de filtraciones y recuperación se dan en el Apéndice XIV.

6.10. Otros componentes asociados con el TMF

Otros componentes asociados al TMF son:

- ❖ ALMACENAMIENTO Y DISTRIBUCIÓN
- ❖ Instalaciones de estacionamiento de vehículos y equipos.
- ❖ Líneas eléctricas y estaciones
- ❖ Infraestructura y oficinas
- ❖ Botaderos de desechos

Las líneas eléctricas y las estaciones necesarias para operar la recolección de filtraciones y el agua de infiltración de las celdas de arena del ciclón se instalaron aguas abajo del EL. 85 m de la línea de la base. FQML indicó que existe un

	Manual de Operaciones, Seguimiento y Vigilancia OMS Instalación de Manejo de relaves		Revisión		Página
			#	Fecha	
	Documento No. 1824-363-CI-RPT-T0000		C	12/mayo/2023	26

plan para reubicar las líneas eléctricas fuera de la huella de la presa o para elevarlas de una manera segura que no comprometa la operación de la presa.

7. RELAVES

Los relaves variarán en características físicas, geoquímicas y mineralógicas durante el ciclo de vida del TMF. Las pruebas de relaves deben ser realizadas periódicamente por FQML como parte del alcance de la producción y la operación de arena ciclónica. Cualquier cambio en las características tendrá un impacto en el transporte, la estrategia de colocación en el embalse y en la presa de arena, y la calidad del efluente.

7.1. Diagrama de flujo de distribución

La distribución actual de las colas es como se muestra en la Figura 7.2 y la descripción general se proporciona a continuación:

- ❖ Los relaves más gruesos alimentan al SCP (50% - 60% de contenido de finos): Los relaves más gruesos son el material que queda después del proceso de flotación (Planta de Procesos) y es de lo que están hechos todos los relaves. Puede alimentar a la Planta de Ciclones de Arena (SCP) o ir directamente al embalse de TMF pasando a través de las válvulas.
- ❖ Sólo 2 líneas de Relaves gruesas alimentan el SCP simultáneamente.
- ❖ Más allá de la ubicación de SCP, las líneas de relaves gruesos pueden entregar relaves enteros o desbordamiento después del proceso de clasificación.
- ❖ Los relaves que alimentan el SCP se vierten en:
 - Arena ciclónada entregada a la presa norte o presa este con fines de construcción
 - El desbordamiento de los ciclones que siguen el punto original de descarga, contiene un contenido de finos del 80% al 90% y se descarga de las espigas al embalse para la formación de playas.
- ❖ Etapas en el SCP:
 - Cluster de ciclones de primera etapa: Los finos contenidos en la alimentación (55 a 65%) se reducen a un subproducto con un intervalo de 20%-30% de contenido de finos.
 - Cluster de ciclones de segunda etapa: Alimentados a partir del subproducto de la primera etapa, luego el contenido de finos se reduce aún más hasta menos del 10%.

	Manual de Operaciones, Seguimiento y Vigilancia OMS Instalación de Manejo de relaves		Revisión		Página
			#	Fecha	
	Documento No. 1824-363-CI-RPT-T0000		C	12/mayo/2023	27

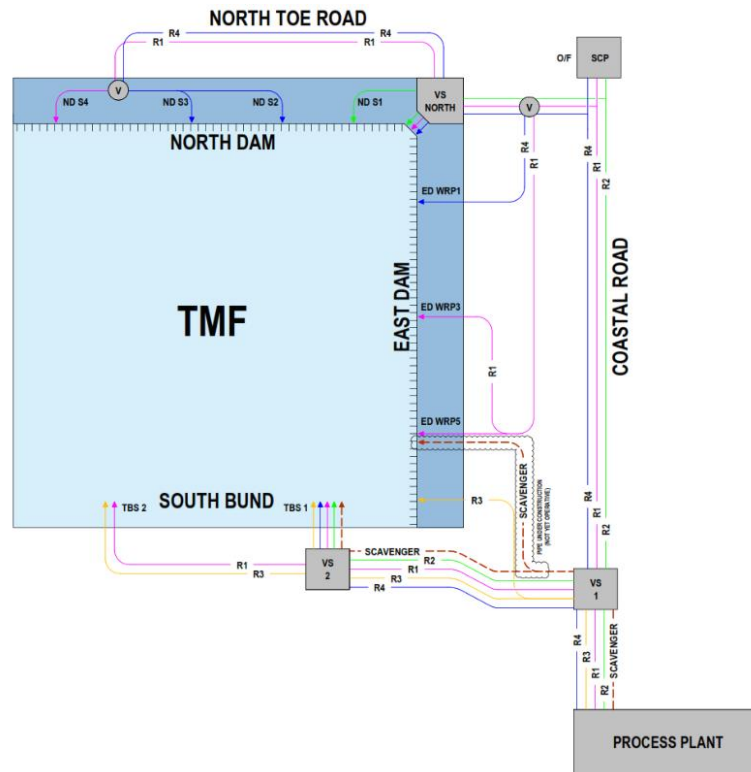


Figura 7.2 Esquema revisado de distribución de relaves

7.2. Programa de eliminación de relaves

Es difícil predecir con precisión la fuente y el comportamiento de los relaves y su disposición en el embalse. El cronograma de eliminación debe modificarse según lo considere necesario el Gerente de TMF y el Superintendente de Depósito de Relaves y Recursos Hídricos de acuerdo con lo observado en el campo y para mantener controles críticos como la longitud mínima de la playa y la asignación de almacenamiento de inundaciones. El calendario actual de eliminación por parte de FQML se da en [el Apéndice XV-2](#).

7.3. Geoquímica de relaves

Basado en la clasificación dada en JVP (2013), los relaves más gruesos no son potencialmente generadores de ácido (NAG) y los relaves más limpios son potencialmente generadores de ácido (PAG). FQML está realizando pruebas geoquímicas en relaves reales. El trabajo de prueba geoquímica de relaves hasta la fecha se da en [el Apéndice XV-3](#).

7.4. Características físicas de los relaves;

La Tabla 7-1 resume las características adoptadas en KCB (2015) utilizando muestras de plantas piloto generadas por FQML (Ver Figura 7.3). Las características de los relaves variarán durante el ciclo de vida del TMF y esta información debe actualizarse o incluirse para su comparación a medida que se disponga de los resultados.

	Manual de Operaciones, Seguimiento y Vigilancia OMS Instalación de Manejo de relaves		Revisión		Página
			#	Fecha	
	Documento No. 1824-363-CI-RPT-T0000		C	12/mayo/2023	28

Los parámetros mencionados en la Tabla 7-1 están siendo monitoreados y actualmente están bajo revisión. Los resultados del trabajo de prueba geotécnica de relaves hasta la fecha se dan en [el Apéndice XV-4](#).

Relave	Descripción	KCB	Observaciones
Relaves más ásperos (enteros/alimentación)	SUCS	Limo arenoso de bajo plástico (CL-ML)	La arena de subdesbordamiento de la muestra de la planta piloto era de grano más fino en comparación con otras arenas de subdesbordamiento de relaves de cobre y requería un mayor esfuerzo para compactarse para lograr un comportamiento dilatador. Altamente variable con cambios en el sistema de producción y clasificación, impactando en la pendiente de la playa y depositando densidad consolidada (almacenamiento a corto plazo y elevaciones de cresta objetivo requeridas).
	Contenido de finos (<75 micras)	60%	
	Conductividad hidráulica	Baja	
	Contenido de sólidos	20 hasta 30	
	Densidad Seca	0,7 a 0,8 t/m ³ (asentado)	
	Tiempo para que el sobrenadante se aclare	De 8 a 11 horas	
Arena de flujo inferior (segunda etapa)	SUCS	Arena no plástica (SP-SM)	
	Contenido de finos (<75 micras)	Contenido medio de finos < 13%. Máx. Contenido de multas < 16%.	
	Conductividad hidráulica	1x10 ⁻⁶ m/s a 3x10 ⁻⁶ m/s	
	Contenido de sólidos	60% (alta)	
	Densidad	Densidad relativa > 80% (100% Proctor estándar)	
Desbordamiento (etapa primaria y secundaria)	SUCS	Limo plástico de bajo a intermedio (ML)	
	Contenido de finos (<75 micras)	> 90 %	
	Fracción de arcilla (< 20 micras)	3% (15% p/dispersante)	
	Conductividad hidráulica	1x10 ⁻⁹ m/s a 5x10 ⁻⁹ m/s.	
	Contenido de sólidos	15% a 20%	
	Densidad Seca	0,5 t/m ³ (asentado)	
	Tiempo para que el sobrenadante se aclare	19 horas	

Tabla 7-1 Resumen de las características de los relaves

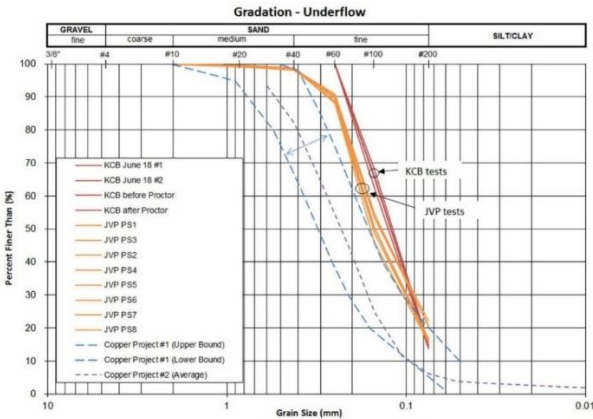


Figura 7.3 Distribución del tamaño de partícula - Subdesbordamiento

8. GESTIÓN DEL AGUA EN EL TMF

8.1. Conceptos de francobordo y ancho de playa

	Manual de Operaciones, Seguimiento y Vigilancia OMS Instalación de Manejo de relaves		Revisión		Página
			#	Fecha	
	Documento No. 1824-363-CI-RPT-T0000		C	12/mayo/2023	29

La configuración de francobordo y playa de KCB se revisó al finalizar la Elevación Estado 1 (Elevación 85mRL). Los valores de revisión son los que se detallan a continuación:

- ❖ **Playa de relaves subaéreos (A en la Figura 8.2):** Se aprobó que la longitud mínima de la playa se cambiara de ≥ 600 a ≥ 400 m siempre que se mantenga el francobordo mínimo y la asignación de almacenamiento por inundación. Para una consulta y respuesta técnica completa, consulte TQ-036.
- ❖ **Capacidad de almacenamiento (B' y B en la Figura 8.2):** la dimensión se cambió de 6 m a 4 m en función del diseño de inundación de entrada (que se estima en 2.7 m considerando el PMP de 24 horas) y la subida de la ola (estimado en 0.9 m). Para una consulta y respuesta técnica completa, consulte TQ-049.

Las dimensiones de francobordo y playa actualmente efectivas son como se detallan en la Figura 8.2 y se han definido en la Tabla 8-1. Los valores proporcionados en la Tabla 8-1 se han diseñado para mantenerse en funcionamiento normal considerando que la capacidad de almacenamiento por inundación se ha diseñado para contener el sobrenadante en caso de que ocurra un evento de lluvia extrema.

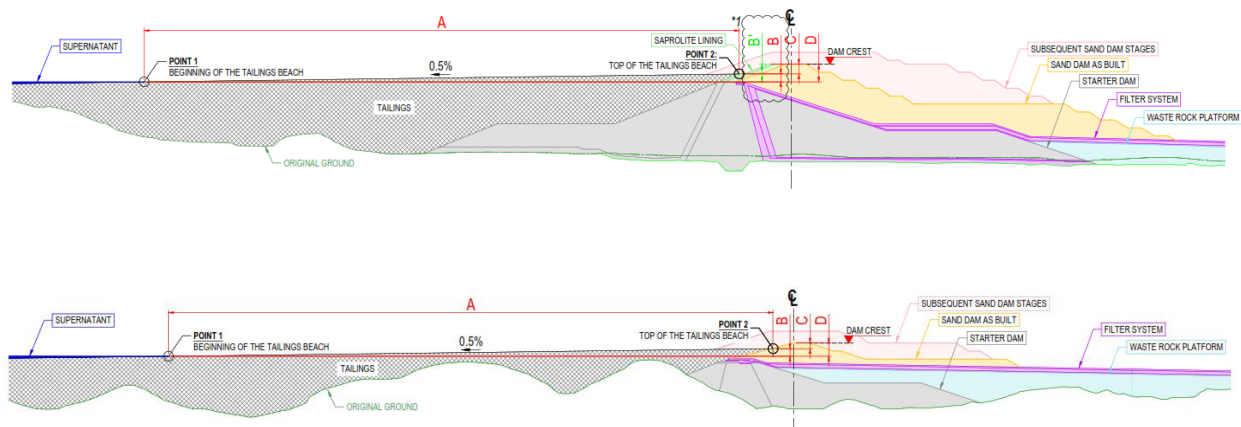


Figura 8.2 Presa Norte (arriba) y Presa Este (abajo) Sección Típica de Relaves

 	Manual de Operaciones, Seguimiento y Vigilancia OMS Instalación de Manejo de relaves		Revisión		Página
			#	Fecha	
	Documento No. 1824-363-CI-RPT-T0000		C	12/mayo/2023	30

Símbolo	Símbolo Representar	Min. Valores	Definición	
			Presa norte	East Dam
A	Playa de Relaves	400m	Longitud de los relaves que se elevan por encima del sobrenadante	Longitud de los relaves que se elevan por encima del sobrenadante
B' o B	Subsidio de almacenamiento por inundación (FSA)	$\geq 4M$	Distancia vertical diseñada para contener el sobrenadante durante un evento de lluvia extrema. 1. B': medido desde el punto 1 hasta la parte superior del revestimiento de saprolita. * Se aplica solo si 85mrl menos el punto 1 $\geq 4m$ 2. B: medido del punto 1 al punto 2. * se aplica solo si 85mrl menos el punto 1 $\leq 4m$	Distancia vertical medida desde el punto 1 hasta el punto 2
C	Francobordo Operacional	$\geq 1,5\text{ m}$	Distancia vertical medida desde el punto 2 hasta la cresta de la presa. * Se aplica solo si 85mrl menos el punto 1 $\leq 4m$	Distancia vertical medida desde el punto 2 hasta la cresta de la presa
D	Total francobordo	$\geq 5,5\text{ m}$	Distancia vertical medida desde el punto 1 hasta la cresta de la presa. * Se aplica solo si 85mrl menos el punto 1 $\leq 4m$	Distancia vertical medida desde el punto 1 a la cresta de la presa

Tabla 8-1 Definición de Francobordo TMF y Playa de Relaves (1824-363-CI-DRG-T0156)

La cabeza de la playa de relaves generalmente no tiene la misma elevación a lo largo del perímetro de la presa. Por lo tanto, hay una cabeza de playa de relaves mínima y máxima contra la presa. En un caso ideal, el aumento de agua durante el evento de inundación no inundará ni entrará en contacto con la presa de arena. Si el agua se eleva por encima del cabezal de relaves, se deben utilizar los controles de protección contra inundaciones descritos en la Sección 6.6.

Para fines de planificación en la Presa Este, y según lo acordado con FQML, para el caso en que esté presente un cabezal máximo de relaves, y (a) el evento de inundación pronosticado no inunda completamente la playa y (b) el ancho de la playa es superior a 400 m antes del evento de inundación, se podría usar una distancia vertical de 1.5 m sobre el cabezal máximo de la playa de relaves para la planificación de la cresta mínima de la presa.

8.2. Estrategia de gestión del agua de TMF durante la operación

El TMF se gestionará considerando la siguiente estrategia durante la operación:

- ❖ Mantenga el ancho de la playa de relaves igual o superior a 400 m durante el funcionamiento normal medido desde la ubicación del estanque (excepto en las celdas 12 y 13 de la presa este, consulte la Sección 6.5). La longitud de la playa puede ser inferior a 400 mts durante eventos de lluvia extrema (1-50 años o más) y solo por unos días mientras la inundación se dirige de manera segura fuera de la instalación a través de la torre del vertedero.
- ❖ Mantenga el estanque por debajo del nivel operativo máximo, lo que proporcionará capacidad de almacenamiento para el evento de inundación de diseño y mantendrá el agua lejos de la presa. También note que:

	Manual de Operaciones, Seguimiento y Vigilancia OMS Instalación de Manejo de relaves		Revisión		Página
			#	Fecha	
	Documento No. 1824-363-CI-RPT-T0000		C	12/mayo/2023	31

- El volumen mínimo operativo del estanque de decantación es de 5.5 Mm3 para lograr una clarificación adecuada del agua del estanque para su recuperación a la planta de proceso.
- El volumen del estanque de agua debe mantenerse al mínimo. Es importante limitar el tamaño del estanque de agua al nivel mínimo necesario para garantizar la estabilidad de la pendiente aguas arriba y mitigar la filtración.
- Los aumentos de la cresta de la presa objetivo deben revisarse utilizando registros reales de deposición de relaves, batimetrías, tasas reales de producción de relaves y propiedades de relaves, registros climáticos y salidas de estanques de decantación de agua de la barcaza de recuperación.
- ❖ El agua bombeada a la planta de proceso se utiliza para el procesamiento del molino y para la dilución en la casa del ciclón. El exceso se descargará a través de la torre del vertedero en el túnel para su liberación según los permisos ambientales. Los registros de parada se utilizarán para elevar el nivel del estanque.
- ❖ El balance hídrico debe actualizarse con frecuencia (al menos anualmente). La posibilidad de que un año húmedo supere las estimaciones actuales es plausible en este entorno climático. Los estudios hidrológicos deben actualizarse cada 5 años utilizando el nuevo registro de precipitaciones disponible.
- ❖ Se requerirá el monitoreo de la gestión del agua de TMF y la distribución de descargas de relaves durante todo el año.
- ❖ El monitoreo y el mantenimiento de cualquier estructura de desviación son críticos para el rendimiento, especialmente el canal de aproximación que conecta el estanque y la torre de decantación.
- ❖ Las filtraciones de las presas serán recolectadas por el sistema de drenaje y transportadas a un sumidero de recolección de filtraciones ubicado aguas abajo de la punta final del terraplén. A continuación, el agua se bombeará desde el sistema de recogida de filtraciones de vuelta al TMF.

8.3. Estrategia de gestión del agua de TMF durante eventos de inundación

Durante los eventos de inundación por tormenta, la escorrentía de la cuenca TMF (30 km²) surgirá en el estanque de relaves y elevará bruscamente el estanque. Este aumento incrementará el flujo de salida de la torre del aliviadero. Las observaciones relevantes para las presas TMF son:

- ❖ La torre de decantación de Fase 1 podría enrutarse el evento de inundación de diseño PMP de 24 horas de duración sin violar el criterio de francobordo. Sin embargo, el aumento de los niveles de agua inundará la playa de relaves invadiendo el agua contra la presa de arena.
- ❖ El TMF es más susceptible durante los primeros años de funcionamiento cuando la capacidad de atenuación es más baja. Por lo tanto, son necesarias medidas de control de inundaciones (Sección 6.6).
- ❖ Se deberá cumplir suficiente francobordo (nivel mínimo de cresta a nivel máximo de agua) para todos los casos. Debe haber contingencia para cualquier apagón de emergencia, corte de energía, rotura de tuberías (que corren aguas abajo de la presa) u otros riesgos potenciales para sus componentes.

Se requerirá la conciliación de las evaluaciones de enrutamiento de inundaciones y los análisis de calibración durante las operaciones basadas en la superficie de relaves real y los registros de operación.

	Manual de Operaciones, Seguimiento y Vigilancia OMS Instalación de Manejo de relaves		Revisión		Página
			#	Fecha	
	Documento No. 1824-363-CI-RPT-T0000		C	12/mayo/2023	32

8.4. Balance Hídrico del TMF

El balance hídrico del TMF por FQML se da en [el Apéndice XVI](#).

8.5. Descarga de agua ambiental

La estrategia para gestionar la descarga ambiental se describe en [el Apéndice XVII](#).

9. MODELADO DE DEPOSICIÓN TMF

El modelo de deposición de TMF se da en [el Apéndice XVIII](#). El modelado de deposición fue preparado por FQML y sigue los requisitos descritos en la Sección 8.

El modelado de deposición debe conciliarse con el desarrollo de la playa y los niveles de agua mensualmente. El modelo debe actualizarse si las observaciones difieren del rendimiento observado. Las predicciones del modelo deben actualizarse trimestralmente para proporcionar una revisión de los objetivos de la Cresta requeridos para la planificación anual. Las batimetrías deben realizarse dos veces al año para confirmar los supuestos del modelo.

10. CONSTRUCCIÓN DEL TMF

10.1. Criterios de selección de materiales

Las especificaciones técnicas para el TMF se dan en el Apéndice XIX-1. Los criterios relevantes considerados para la selección de materiales incluyen:

- ❖ Los materiales de relleno deben estar libres de materia orgánica u otros materiales perjudiciales.
- ❖ No se debe usar material potencialmente generador de ácido (PAG).
- ❖ FQML ha desarrollado un valor de corte objetivo del 0,3% para el contenido de azufre para cribar los materiales PAG y NAG. Sin embargo, una relajación de hasta el 0,8% fue aprobada por el Ingeniero de Registros, Doug Cooper. Esto se decidió en función del gran tamaño del sistema de drenaje insuficiente, que es poco probable que experimente un impacto en el rendimiento a largo plazo, teniendo en cuenta las bolsas ocasionales de filtros con altos niveles de azufre. Documento técnico completo en [TQ-102](#).
- ❖ Los materiales de relleno granular deben derivarse o consistir en roca dura y duradera que no esté sujeta a deterioro mecánico o químico durante la manipulación, compactación o a largo plazo debido a las condiciones climáticas de conformidad con las especificaciones técnicas.
- ❖ No se debe usar material de roca residual que incluya fragmentos de roca débiles o blandos, fragmentos de moderadamente a altamente erosionados, fragmentos friables y altamente abrasivos.
- ❖ El material de la excavación común, ya sea directamente o por excavación selectiva, puede utilizarse para la construcción con la aprobación por escrito del Ingeniero, siempre que los materiales excavados cumplan con las especificaciones técnicas.

	Manual de Operaciones, Seguimiento y Vigilancia OMS Instalación de Manejo de relaves		Revisión		Página
			#	Fecha	
	Documento No. 1824-363-CI-RPT-T0000		C	12/mayo/2023	33

10.2. Colocación y compactación de arena de subdesbordamiento ciclónico

Los procedimientos de colocación y compactación de arena ciclónica, y la recolección de agua de infiltración y desbordamiento y control de sedimentos se describen en [el Informe de Diseño de Subdesbordamiento de Arena de Relaves \(Ver Apéndice VIII\)](#). En general, el procedimiento de colocación y compactación no ha cambiado significativamente desde [el Informe de Diseño](#). La arena de subdesbordamiento tiene una especificación de rendimiento (consulte la Sección 7.4) que debe cumplirse.

10.3. CONTROL Y ASEGURAMIENTO DE CALIDAD

El equipo de QC/QA de FQML evalúa los procedimientos y metodologías del Constructor y los materiales de prueba para confirmar el cumplimiento de las especificaciones técnicas. El Ingeniero brinda apoyo al equipo de QC/QA de FQML y supervisa los procedimientos y los resultados de las pruebas. Los Procedimientos de Prueba de Inspección (ITP) de FQML se dan en [el Apéndice XIX-4](#). Las consideraciones pertinentes son:

- ❖ Las pruebas in situ son realizadas por el equipo de QC/QA de FQML. En resumen:
- ❖ Los materiales triturados y tamizados para filtros se prueban en la trituradora para su aprobación antes del transporte y se prueban después de la colocación para evaluar la degradación del material durante la colocación y la compactación. La aprobación del llenado se da en función de la prueba in situ. En caso de duda, los informes se presentan al Ingeniero para su evaluación y aprobación o rechazo.
- ❖ Se utilizan en el sitio varios métodos para la prueba in situ de la arena de subdesbordamiento, que incluyen: medidor de densómetro nuclear (ASTM D6938), infiltrómetro de doble anillo ([D3385-09](#)) y cono de arena (ASTM D1556). Si es necesario, se podrían desarrollar relaciones específicas del sitio para acelerar el tiempo entre las pruebas y la aprobación de las células colocadas.
- ❖ Las pruebas geoquímicas se llevan a cabo en el material colocado para confirmar el contenido de azufre. FQML está desarrollando continuamente una base de datos geoquímicos que evalúa las condiciones de no generación de ácido para evitar la lixiviación de metales de los materiales en la construcción.
- ❖ Las muestras recolectadas se prueban en el laboratorio in situ de FQML, que incluye: Distribución del tamaño de partícula, conductividad hidráulica, gravedad específica, densidad seca máxima y Proctor estándar de acuerdo con las normas ASTM. Los resultados se informan al Ingeniero diariamente.
- ❖ La aprobación, re-trabajo o rechazo de un área colocada se lleva a cabo típicamente dentro de las 24 horas y/o 48 horas. Los resultados de las pruebas que requieren secado al horno se informan dentro de las 24 horas. Por lo general, el equipo de construcción de TMF recibe una notificación inmediata.
- ❖ Si un material no conforme no se retira o se vuelve a trabajar, el inspector de QC/QA o el Ingeniero notifica la situación. Si el Constructor no implementa ninguna remediación, se prepara un informe de No Conformidad y se distribuye al equipo de TMF solicitando medidas de remediación, reparación, retrabajo o reemplazo por parte del Constructor.
- ❖ El Ingeniero realiza pruebas independientes in situ o de laboratorio con la asistencia del equipo de QC/QA de TMF de FQML.

	Manual de Operaciones, Seguimiento y Vigilancia OMS Instalación de Manejo de relaves		Revisión		Página
			#	Fecha	
	Documento No. 1824-363-CI-RPT-T0000		C	12/mayo/2023	34

El equipo de encuestas de TMF controla los niveles diariamente y recopila encuestas de drones construidas mensualmente o según sea necesario en función del progreso de la construcción (generalmente semanalmente). Los resultados de la encuesta se informan semanalmente al equipo de TMF y al Ingeniero.

10.4. Modificaciones de diseño durante la construcción de la presa de arranque

Las siguientes modificaciones de diseño fueron realizadas por FQML durante la construcción de las presas de arranque entre 2014 y 2019 (consulte KCB 2017). Se debe monitorear el desempeño de la presa para evaluar los impactos de estas modificaciones:

- ❖ Reemplazo de la pared de lodo por una zanja de corte de saprolita en los valles de la presa.
- ❖ Descenso de la parte superior del drenaje de la chimenea a una cota inferior a la parte superior del núcleo de saprolita, reducción del tamaño de la manta de drenaje aguas abajo del núcleo y modificación de la especificación del filtro a una gradación más gruesa no compatible con los materiales del núcleo de saprolita en los sectores N1 (mitad), N2 y N4. Diseño modificado a la configuración original para la parte restante del sector N1 a mediados de 2017.
- ❖ Uso de material de la zona 2 fuera de especificación para las corazas aguas arriba y aguas abajo (más grueso de lo especificado). En 2017, se completó una modificación del diseño para permitir material de Zona 7 en la sección de la presa proporcionando zonas de transición adecuadas entre el núcleo y la coraza para la sección restante del sector N1 y para todo el N3.
- ❖ Presencia potencial de relleno granular para soportar el tráfico de construcción que queda dentro del núcleo en presas construidas antes de mediados de 2017.

Se debe preparar una investigación o un plan de mitigación para identificar el diseño o los controles operativos necesarios para evaluar el desempeño del TMF y los impactos en los aumentos posteriores.

10.5. Registros de Reportes de construcción y Registros de lo construido

El informe del registro de construcción de TMF que describe las actividades desde 2014 hasta la finalización de las represas de arranque en 2019 se incluye en el Apéndice XIX-5.

La información relevante que se incluirá en los registros tal como se construyeron es:

- ❖ Un registro de modificaciones de diseño por FQML y sus impactos para el monitoreo del rendimiento. Estos deben incluirse como parte del monitoreo y las inspecciones de rutina.
- ❖ Se registra un registro de no conformidades y sus impactos para el seguimiento del desempeño. Estos deben incluirse como parte del monitoreo y las inspecciones de rutina.
- ❖ Registros de los formularios de aprobación de colocación de cimientos y rellenos, incluidos los resultados de la encuesta y las pruebas, incluida una vista en planta con la preparación de los cimientos completada en las presas.
- ❖ Registros de levantamiento según lo construido que muestran los grados y niveles de preparación de la cimentación, la zonificación y el tipo de material y la configuración de la presa en comparación con la sección de diseño.

	Manual de Operaciones, Seguimiento y Vigilancia OMS Instalación de Manejo de relaves		Revisión		Página
			#	Fecha	
	Documento No. 1824-363-CI-RPT-T0000		C	12/mayo/2023	35

- ❖ Un registro completo y detallado de la instrumentación instalada y las lecturas de monitoreo dentro del período de construcción. Además, ubicación y descripción de la filtración.
- ❖ La declaración y la aceptación final por parte del Ingeniero de Registro de la Presa de Arranque, el Sr. Doug Cooper, que indica que la Presa de Arranque cumplió con la intención de diseño ha sido emitida y cerrada.

Si alguna de la información anterior está incompleta o se identifican brechas, se debe preparar una investigación o un plan de mitigación para identificar el diseño o los controles operativos necesarios para evaluar el desempeño del TMF y los impactos en los aumentos posteriores.

11. PROCEDIMIENTOS OPERATIVOS

11.1. Diagrama de flujo operativo y límites de batería

El Gerente de TMF, en coordinación con el Gerente General, debe mantener el cumplimiento de los procedimientos operativos de TMF en cualquier momento.

11.2. Indicadores clave de rendimiento (críticos)

Los indicadores clave de rendimiento (KPI) añaden controles para prevenir eventos de alta consecuencia o para mitigar las consecuencias de dicho evento. Estos KPI se consideran controles críticos que podrían conducir a una activación de un Plan de Respuesta a Emergencias (ERP) si no se controlan o monitorean continuamente contra la intención y los requisitos del diseño. Controles Críticos

Los controles de diseño

- ❖ Ancho de playa de relaves > 400 m durante el funcionamiento normal (ver Sección 6.5).
- ❖ Francobordo mínimo > 1,5 m desde el nivel máximo del agua hasta la elevación mínima de la cresta de la presa en un momento dado.
- ❖ Permiso mínimo de almacenamiento de inundaciones > 4.0 m desde el nivel del estanque hasta la elevación mínima de la playa de la cabeza de relaves, excepto durante un evento de lluvia extrema.
- ❖ Materiales de relleno con menos de 0.3% de contenido de azufre (NAG).
- ❖ Subflujo de arena de ciclón de segunda etapa < 8% de contenido de finos en el SCP antes de la colocación.
- ❖ Densidad compactada de arena de flujo inferior > 100% Proctor estándar (densidad relativa > 80%).
- ❖ Presa de arena pendiente aguas abajo de 3H:1V con bermas de contrafuerte aguas abajo.
- ❖ Materiales de drenaje libre para el sistema de drenaje (conductividad hidráulica > 1×10^{-4} m/s).

	Manual de Operaciones, Seguimiento y Vigilancia OMS Instalación de Manejo de relaves		Revisión		Página
			#	Fecha	
	Documento No. 1824-363-CI-RPT-T0000		C	12/mayo/2023	36

Controles operacionales

- ❖ Los relaves alimentan la velocidad de bombeo y la presión antes de los límites de la batería TMF.
- ❖ Los relaves alimentan el porcentaje de sólidos (más ásperos).
- ❖ Longitud/ancho/pendiente de la playa y francobordo en la ubicación más baja de la cresta de la presa.
- ❖ Calibración de la tasa de aumento del embalse (balance hídrico).
- ❖ Recuperar la velocidad de bombeo de la barcaza y la velocidad y calidad de salida del túnel de decantación.
- ❖ Calibración del balance de masas de relaves (planificación de celdas hidráulicas), relación de presa de arena de flujo inferior (colocado/alimentado) y cantidad de volumen (levantado).
- ❖ Niveles freáticos dentro de la concha de la presa de arena, tasa de filtración y calidad
- ❖ Desplazamientos de cimientos y presas de arena.
- ❖ Finos de arena subterránea (sedimentación y drenaje)

Otros KPI operativos que no conducirían a un evento de alta consecuencia, pero requerirían asistencia y acciones. En el [Apéndice XX-1](#) se proporciona una solución de matriz para los componentes de TMF.

La información proporciona orientación para la eliminación y el almacenamiento seguro, económico y ambientalmente responsable de los materiales de relave y debe actualizarse continuamente para reflejar las lecciones aprendidas (documento vivo).

12. PROCEDIMIENTOS DE MANTENIMIENTO

12.1. Calibración de rutina

La calibración de rutina de los dispositivos de prueba in situ, el equipo de laboratorio y cualquier otro equipo mecánico y eléctrico debe realizarse de forma rutinaria según las recomendaciones del fabricante.

12.2. Mantenimiento de Rutina

El mantenimiento de las instalaciones es importante para la operación segura y la gestión efectiva del depósito de relaves. Es responsabilidad del Gerente de TMF asegurarse de que el TMF esté bajo un mantenimiento adecuado y constante. El mantenimiento del sistema es un requisito importante del manual de OMS. Los objetivos del programa de mantenimiento son:

- ❖ Identificar los parámetros y procedimientos clave para garantizar que los componentes de la estructura reciban mantenimiento de acuerdo con un criterio de rendimiento adecuado, estándares FQML, requisitos legislativos y buenas prácticas operativas.
- ❖ Asegurar que se proyecte la esperanza de vida y el mejor aprovechamiento de las instalaciones.

	Manual de Operaciones, Seguimiento y Vigilancia OMS Instalación de Manejo de relaves		Revisión		Página
			#	Fecha	
	Documento No. 1824-363-CI-RPT-T0000		C	12/mayo/2023	37

Los componentes clave del programa de mantenimiento incluyen el mantenimiento de rutina, que se espera de forma semestral, y el mantenimiento periódico debe realizarse anualmente.

El esquema de procedimientos de mantenimiento rutinario y predictivo debe priorizarse en función de los riesgos y consecuencias, la disponibilidad de materiales y equipos y los planes de acción de mantenimiento.

Componente	Mantenimiento	Responsable/s	Actividades	Frecuencia
Sistema de entrega de relaves	- Tuberías de relaves - Bombas - ciclones	- Jefe de Planta - Coordinador de Planta de Ciclones. - Superintendente de Depósito de Relaves y Gestión del Agua. - Gerente de TMF.	Consulte el Apéndice XX-1.	Continuo según SOPs
Presas TMF	- Coronación de la presa. - Pendientes de presa - Vaciado - Recolección de la Filtración - Revestimiento de protección contra inundaciones	- Gerente de Construcción - Coordinador de Movimiento de Tierras - Superintendente de movimiento de tierras - Geotech y Superintendente de QC/QA - TMF Manager	- Mantener el acceso en buenas condiciones, con grado de sección transversal (2%) y en los niveles - Reemplazar el material erosionado de la presa - pendientes y/o en la cresta. - Reparar defectos en el revestimiento de la geomembrana	Continuo según SOPs
Instrumentación	Todos los dispositivos de instrumentación, cables, registradores de datos y transductores.	- Geotech y Superintendente de QC/QA - TMF Manager	- Proteger con barreras, señales y banderas. - Reparar o reemplazar la instrumentación dañada. - Informe cualquier daño inmediatamente al Ingeniero Geotécnico Senior en el sitio, al Supervisor de QCQA y al Ingeniero de Registro para tomar medidas adicionales.	Continuo
Sistema de Gestión del agua	- Canales de desviación y estructuras hidráulicas complementarias - Filtración y estanques de sedimentos. - Tuberías y bombas de recuperación de agua.	- Coordinador de SCP - Especialista en agua y relaves - Superintendente de Depósito de Relaves y Gestión del Agua. - Superintendente de QC/QA y Geotécnica - Gerente del TMF Manager	- Realizar inventario e inspección de estructura. Evaluar el estado estructural de los elementos de una obra de drenaje existente (Especialista en Estructuras y Obras de Arte). - Confirmar los caudales superficiales adecuados y una buena gestión del agua.	Mantenimiento periódico basado en las observaciones del sitio y después de los eventos de tormenta
Control de la calidad del agua	Todos los dispositivos de instrumentación, cables, registradores de datos y telemetría.	- Equipo ambiental - Especialista en agua y relaves - Superintendente de Depósito de Relaves y Gestión del Agua - Gerente del TMF	- Calibración. - Limpieza y mantenimiento regulares. - Revise las baterías y los paneles solares - Comprobar el funcionamiento del sistema de telemetría	Continuo
Torre y túnel del aliviadero	- Torre - Túnel - Canal de descarga: - Cortes de caja	- Superintendente de Depósito de Relaves y Gestión del Agua. - Geotech y Superintendente de QC/QA - Gerente del TMF	- Inspección geotécnica anual. - Evaluar el estado estructural - Compruebe si hay erosiones.	Anual

Tabla 10-3 Actividades típicas de mantenimiento de rutina

  FIRST QUANTUM MINERALS LTD.	Manual de Operaciones, Seguimiento y Vigilancia OMS Instalación de Manejo de relaves	Revisión		Página
		#	Fecha	
	Documento No. 1824-363-CI-RPT-T0000	C	12/mayo/2023	38

12.3. Mantenimiento de eventos extremos

El mantenimiento se llevará a cabo después de eventos de tormentas extremas o después de terremotos. Siga las recomendaciones de la frecuencia de inspección en la Sección 13. Póngase en contacto con cada persona responsable para llevar a cabo y programar el mantenimiento.

13. CONTROL Y SEGUIMIENTO

13.1. Protocolo y procedimientos de vigilancia

La Figura 13.1 muestra el diagrama de flujo del proceso para la vigilancia en el proyecto. El flujo comienza con una actividad rutinaria que recopila observaciones de las inspecciones de rutina (datos cualitativos) y los datos de instrumentación (datos cuantitativos). Estos datos se utilizan para una evaluación inicial del rendimiento frente a los valores umbral de diseño, que son niveles establecidos para evaluar si el cambio observado es esperado, inesperado o un problema preocupante. Deben tomarse medidas si se superan los umbrales sobre la base de los cuatro niveles de umbral propuestos que se resumen más adelante en la sección 13.2.

La vigilancia y monitoreo del TMF es responsabilidad del equipo de TMF de FQML, que está presente diariamente durante las actividades y supervisa el control de calidad de la construcción y recopila los datos de instrumentación para el procesamiento y la presentación de informes. El Ingeniero es notificado como se muestra a continuación.

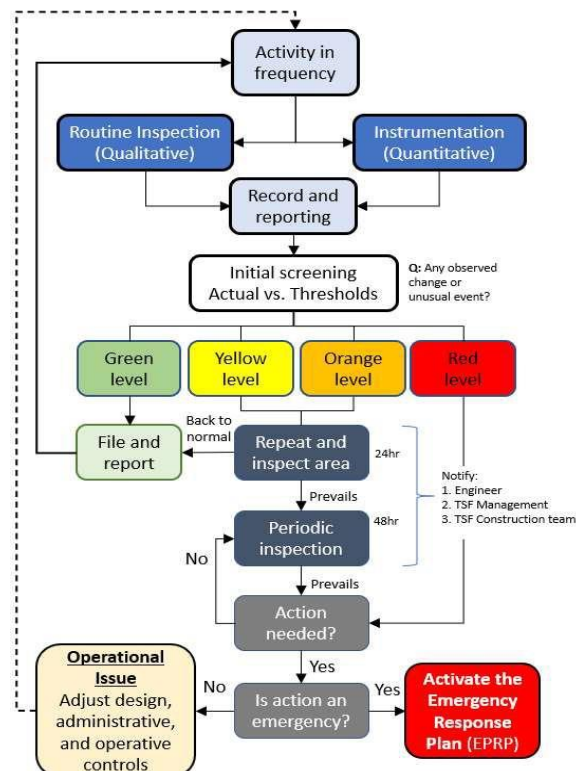


Figura 13.1 Flujograma del Proceso de Vigilancia

	Manual de Operaciones, Seguimiento y Vigilancia OMS Instalación de Manejo de relaves		Revisión		Página
			#	Fecha	
	Documento No. 1824-363-CI-RPT-T0000		C	12/mayo/2023	39

13.2. Niveles de umbral

La Tabla 13-1 resume los cuatro niveles de umbral propuestos para el TMF. Durante la construcción y las operaciones, el TMF cambiará en respuesta a mayores tensiones de la construcción de la presa y a medida que se depositan los relaves. Por lo tanto, estos umbrales deben revisarse durante las evaluaciones trimestrales de instrumentación y como parte de las revisiones anuales por parte del Ingeniero.

Límite Nivel	Definición	Plan de acción para el equipo de FQML	Plan de comunicación
Verde	Mediciones dentro del rango normal de valores basadas en observaciones	- No se requieren medidas adicionales. - Continuar el seguimiento según lo previsto.	Informes semanales estándar.
Amarillo	Mediciones más allá del rango normal de valores pero por debajo del umbral naranja.	- FQML debe repetir la lectura dentro del turno. Idealmente, el personal de FQML debe tener la lectura previa para la comparación y para la lectura de repetición inmediata. - FQML debe revisar y resumir/informar: *Inspección visual de la zona: cualquier clima y/o actividad que pueda ser causa potencial de una lectura elevada. Proporcione fotos, esquemas y notas. *Resumen de los registros de precipitaciones, registros de operación y construcción o cualquier otra actividad que pueda haber afectado la carga de la Presa *Revisar si el cambio es atribuible a la construcción, precipitación u otra carga conocida y si la tasa de cambio se ha reducido con la reducción del índice de carga aplicada. - FQML debe aumentar la frecuencia de lectura a dos veces por semana o según las indicaciones del Ingeniero. - Si la condición prevalece pero no impone un riesgo de seguridad para el área, el Ingeniero volverá a evaluar el nivel umbral en la ubicación.	Dentro de las 24 horas siguientes a la lectura: - FQML debe recopilar lecturas adicionales. - Si la lectura confirma un alto nivel, FQML debe notificar al Ingeniero e informar las condiciones observadas en el área - El ingeniero debe comentar si adicional - se requieren observaciones/acciones basadas en datos informados anteriormente. Dentro de las 48 horas siguientes a la lectura: - FQML debe notificar al ingeniero si prevalece la condición. - Si prevalece la condición, el equipo de FQML notificará al equipo de administración de TMF y al equipo de construcción y les informará que es posible que la actividad de construcción deba modificarse o suspenderse en el área para su posterior revisión. - Si la tasa de cambio se ha reducido, envíe informes diarios de las lecturas hasta que caigan a verde. - Si las condiciones prevalecen, el ingeniero debe evaluar si la condición plantea un problema de seguridad. Si es así, eleve al nivel Naranja.
Orange	Mediciones más allá del rango normal de valores pero por debajo del umbral rojo. Posible problema de seguridad de la presa	- Acciones según alerta amarilla. - Repita la lectura dentro de las 12 horas y aumente la frecuencia de lectura del instrumento a diario o con más frecuencia según las indicaciones del ingeniero. - Si prevalece la condición, lea todo lo que esté cerca - Instrumentos en la misma frecuencia. - Realice una revisión de los análisis de estabilidad considerando la planificación del cronograma de construcción a corto y mediano plazo.	Dentro de las 48 horas siguientes a la lectura: - FQML debe notificar al Ingeniero sobre las lecturas y condiciones observadas en el área. - El equipo de FQML debe notificar al equipo de gestión de TMF y al equipo de construcción que suspendan la actividad de construcción en las áreas aguas arriba, aguas abajo o dentro de 500 m lateralmente y que proporcionen protección contra la erosión según lo planeado. - El equipo de FQML debe notificar al gerente de la planta de TMF. - Si la tasa de cambio se ha reducido, envíe informes diarios de las lecturas hasta que caigan a verde.

	Manual de Operaciones, Seguimiento y Vigilancia OMS Instalación de Manejo de relaves		Revisión		Página
			#	Fecha	
	Documento No. 1824-363-CI-RPT-T0000		C	12/mayo/2023	40

Rojo	Las mediciones exceden el comportamiento esperado e indican un problema de seguridad de la presa probable o activo.	• Acciones según alerta naranja. • Aumente la frecuencia de lectura a continua y lea todos los instrumentos cercanos diariamente. • Suspender la actividad de construcción en el área y asegurar el área para el acceso. • Monitoree la presa para detectar cualquier signo de estrés, deformación o daño. • Equipo de FQML debe evaluar alternativas e impactos/acciones a las operaciones.	Inmediatamente: • FQML debe notificar al Ingeniero las lecturas y condiciones observadas en el área. • Notificar al equipo de gestión de TMF, a la planta y equipo de construcción para suspender toda la actividad de construcción hasta nuevo aviso. • Implementar el Plan de Respuesta a Emergencias y las medidas de mitigación. • Después de que las condiciones se vuelvan estables/seguras, envíe • informes diarios de lecturas hasta que caigan a Verde.

Tabla 13-1 Niveles de umbral

13.3. Monitoreo visual (cualitativo)

13.3.1.General

Se requiere vigilancia de rutina para evaluar el desempeño del TMF y detectar cualquier problema para tomar acciones correctivas que puedan implementarse de manera oportuna. Un programa de vigilancia consta de tres tipos de inspecciones:

1. **Inspección operativa de rutina:** Típicamente, diaria, semanal y mensual, realizada por todo el personal y por el personal calificado designado por FQML para evaluar la condición operativa del TMF.
2. **Inspección trimestral:** Típicamente, llevada a cabo por el Ingeniero de Registro junto con el Ingeniero Geotécnico Senior en el sitio de FQML para su revisión por parte del equipo de operaciones de TMF. Las inspecciones formales anuales de presas también son realizadas por el Ingeniero de Registro (EOR).
3. **Inspección anual:** Típicamente, llevada a cabo por una parte independiente para verificar si todos los componentes del depósito de relaves están funcionando según lo previsto.

La inspección de seguridad de la presa y la revisión de seguridad de la presa se llevan a cabo anualmente por el EOR y cada cinco años por un tercero, respectivamente.

13.3.2.Inspecciones rutinarias

Los procedimientos de vigilancia exitosos dependen del monitoreo visual de rutina por parte de todo el personal de FQML y los contratistas que realizan regularmente el trabajo en torno al TMF. El monitoreo visual de rutina permite al personal realizar observaciones continuas relacionadas con las condiciones y el rendimiento de las presas e instalaciones asociadas (por ejemplo, tuberías, estaciones de bombeo, estanques de filtración, instrumentación de presas), así como operaciones de gestión de estanques/reservorios, de modo que se pueda identificar y abordar rápidamente una condición peligrosa o cualquier cambio en las condiciones o el rendimiento de la presa.

La capacitación sobre cómo realizar el monitoreo visual de rutina se proporciona anualmente durante el Taller de Gestión de Relaves. La Tabla 13-2 proporciona una guía de observación típica. El Apéndice XX-2 incluye la plantilla de la lista de verificación de inspección semanal realizada por el personal de FQML.

	Manual de Operaciones, Seguimiento y Vigilancia OMS Instalación de Manejo de relaves		Revisión		Página
			#	Fecha	
	Documento No. 1824-363-CI-RPT-T0000		C	12/mayo/2023	41

Elementos	Observaciones	Min. Frecuencia 3 Construcción activa	Min. Frecuencia 3 Sin construcción	Inspecciones adicionales
Condiciones de la presa	- Cresta y estribos: Signos de desplazamiento (por ejemplo, grietas, asentamiento, surcos) o de dificultades o condiciones blandas. - Pendientes (aguas arriba y aguas abajo) y crestas: Signos de desplazamiento, desplome, filtraciones, zonas húmedas, erosión o crecimiento excesivo de la vegetación. Evaluar la erosión potencial del relleno o pendiente natural. - Filtración: claridad y cantidad (estimaciones visuales) y signos de precipitación química.	Diariamente (todo el personal)	Diariamente (todo el personal) Semanalmente por el ingeniero de CQA	Por el Ingeniero de CQA o el representante del Propietario: - Después de fuertes lluvias (Nota 1). - Después de los terremotos (Nota 2).
Embalse de almacenamiento	- Nivel y tamaño del estanque de agua. - Ancho de playa de relaves.			
Sistema de revestimiento	Signos de desgarro, arrugas, agujeros, deterioro, agrietamiento o abultamiento.			
Canales de desvío y puntos de venta	- Signos de erosión potencial de relleno o pendiente natural. - Existen signos de filtración o erosión alrededor de la entrada/salida del conducto. - Existen signos de obstrucciones, erosión en la entrada o salida.			
Notas - Evento mayor que un periodo de retorno de 10 años. - Lo suficientemente fuerte como para sentirse en el sitio de la mina. - La frecuencia debe aumentarse si se desarrollan condiciones inesperadas o durante períodos de interés.				

Tabla 13-2 Monitoreo visual de rutina

13.3.3. Inspecciones trimestrales o anuales de seguridad en la presa.

Las inspecciones de presas son realizadas por personal experimentado de FQML y contratistas de ingeniería que están familiarizados con la disposición general, la función y las condiciones normales de operación del TMF. Cualquier observación inusual realizada en las estructuras de la presa o instalaciones asociadas durante las inspecciones de la presa debe informarse inmediatamente al Gerente de Relaves de TMF y al Gerente de Agua.

13.4. Monitoreo de Instrumentación (Cuantitativo)

13.4.1. Tipo de instrumentación

El programa de instrumentación y monitoreo del TMF tiene los siguientes objetivos:

- ❖ Recopilar datos cualitativos (a través de inspecciones) y datos cuantitativos (a través de monitoreo) para medir y registrar los parámetros de respuesta (es decir, desplazamientos, presiones de poros y flujos de filtración) durante el ciclo de vida para confirmar que el comportamiento está dentro del rango esperado; y,

	Manual de Operaciones, Seguimiento y Vigilancia OMS Instalación de Manejo de relaves		Revisión		Página
			#	Fecha	
	Documento No. 1824-363-CI-RPT-T0000		C	12/mayo/2023	42

- ❖ Supervisar el cambio en el rendimiento del TMF y evaluar el cumplimiento de la intención del diseño a lo largo de las operaciones utilizando los umbrales establecidos para determinar si el cambio es esperado, inesperado o un problema preocupante.

Se prefiere el Método de Observación (Peck 1969) para implementar el monitoreo de instrumentación y de rendimiento que es crítico para la seguridad de la presa y también es un requisito durante las inspecciones de rutina. Si se excede un umbral dado, debe haber una acción clara y un plan de respuesta oportuna. Los umbrales se actualizarán periódicamente en función de la respuesta observada.

Los parámetros de respuesta a monitorear en el TMF se dan en la Tabla 13-3.

Parámetros de Respuesta	Propósito	Tipo de instrumentación y número de Instrumentos operativos hasta febrero de 2022
Presión intersticial	• Monitoree la disipación del exceso de presión de poro desarrolladas en respuesta a la carga de llenado en la base y el llenado de la presa, para que no se acumulen con el tiempo o que impacten la estabilidad durante la construcción y durante la operación. • Monitorear los niveles de agua subterránea en las unidades objetivo dentro de la base y en profundidad para observar los gradientes de agua subterránea.	• 104 Piezómetro de alambre vibratorio (VWP) • 2 piezómetros Casagrande
Fundaciones Liquidación	• Registrar los asentamientos de los cimientos a corto y mediano plazo dentro de la huella de la presa con potencial para comprometer los desagües y filtros (grados y grosor).	• 17 Celdas de asentamiento • 19 Celdas de asentamiento
Desplazamiento vertical y horizontal	• Desplazamientos horizontales y verticales del relleno y cimentación de la presa. • Supervise la deformación de la presa en la superficie de llenado y las deformaciones profundas de los cimientos y la compresión o los movimientos del relleno de la presa.	• 1 Inclínómetros • Inclínómetros con anillos magnéticos pendientes – Fase 3 • Barras de medición pendientes – Fase 3
Filtraciones	• Monitoreo de filtraciones debido a infiltración causada por precipitación, colocación de desagüe y agua de estanque que se filtra a través de la presa y los cimientos. • Evalúe el rendimiento del drenaje inferior con el tiempo. Se espera que las tasas reales de filtración disminuyan con el tiempo a medida que aumenta el nivel del estanque, y los relaves se depositan cegando la cuenca.	• Estanque de filtración construido en la Presa Norte • Estanques de filtración pendientes en la Presa Este
Niveles de estanque TMF	• Actualizaciones anuales del balance hídrico, y para ayudar a establecer la altura requerida de la presa durante las operaciones y para conciliar las observaciones de rendimiento de la instrumentación.	• Mediciones de levantamiento continuo • Batimetría (ninguna hasta la fecha)
Flujo y niveles en otras estructuras	• Como parte del monitoreo de rutina, las tasas de flujo y los niveles de estanque deben recogerse y registrarse en cualquier estructura de canal de desviación y en estanques de recolección	• Observaciones continuas.

Tabla 13-3 Parámetros de respuesta y número de instrumentos

La instrumentación adicional, como un sismógrafo, estaciones meteorológicas y otros, debe considerarse durante la operación como parte de un control general de la mina. Las consideraciones pertinentes son:

- ❖ La instrumentación, el equipo o los materiales destruidos, dañados o que funcionen mal deben reemplazarse dentro de un plazo adecuado según la importancia del instrumento.
- ❖ Los instrumentos deben protegerse de daños manteniendo los instrumentos enterrados y los cables de zanja en una ubicación de lectura central fuera del área de construcción activa; marcar los instrumentos

	Manual de Operaciones, Seguimiento y Vigilancia OMS Instalación de Manejo de relaves	Revisión		Página
		#	Fecha	
	Documento No. 1824-363-CI-RPT-T0000	C	12/mayo/2023	43

expuestos con marcadores grandes (visibles por camiones mineros); y mantener los instrumentos expuestos en la superficie dentro de una carcasa protectora para proteger contra daños menores de vehículos ligeros o actividad humana.

El diseño de los instrumentos en planta y secciones se da en el Apéndice XXI-1.

13.4.2.Frecuencia de monitoreo

La Tabla 13-4 presenta la frecuencia propuesta de monitoreo para el terraplén de arranque y la presa de arena. Solo cuando un instrumento o grupo de instrumentos en un área demuestra un comportamiento establecido o continuo durante un período prolongado (al menos 2 años), la frecuencia puede revisarse. Se debe realizar una lectura repetida inmediata de la instrumentación después de:

- ❖ Que se ha superado un umbral.
- ❖ Cualquier precipitación que llene los canales de desviación en un 80% o más de su capacidad o que produzca 20 mm (es decir, un período de retorno de 5 años) o más de lluvia, en un período de 24 horas.
- ❖ Cualquier evento sísmico que produzca una aceleración del suelo de 0.10g o más, tenga una magnitud mínima de 5.0 Mw alrededor de un área de 100 km al TMF o una magnitud mínima de 6.0 Mw alrededor de un área de 200 km al TMF y que produzca daños en cualquier instalación.

El uso de un Sistema Automatizado de Adquisición de Datos (ADAS) con capacidades de transmisión remota se está implementando en el sitio y estará operativo para el segundo trimestre de 2020. Los registradores de datos se utilizarán en el sitio para recopilar datos continuos del instrumento para la transmisión remota diaria (la frecuencia se puede modificar según los requisitos). Los detalles del sistema ADAS se dan en [el Apéndice XXI-2](#).

Las lecturas del instrumento deben ser revisadas semanalmente, por un ingeniero geotécnico calificado, cuando se haya excedido un umbral, la revisión debe realizarse dentro de las 24 o 48 horas posteriores a la lectura siguiendo los procedimientos indicados en la Sección 13.2.

Tipo Instrumento	Frecuencia de lectura (mínima) ⁽¹⁾		
	Después de la instalación	Construcción activa a 300 m o menos	No hay construcciones activas
Piezómetros (VWP, Tuberías verticales)	Diariamente durante 2 semanas, luego dos veces por semana hasta el final del primer mes	Semanalmente	Mensual
Asentamiento (Placa, Celdas)		Mensual	Trimestral
Monumentos de superficie		Semanalmente	Mensual
Inclinómetro	Después de la instalación, luego de que la lechada se haya asentado	Bisemanal	Mensual
Filtraciones	N/A	Dos veces al día (registrador de datos) Quincenalmente (recopilación de datos)	Diario (registrador de datos) Quincenal (recopilación de datos)

Nota: La frecuencia de lectura aumenta si se superan los umbrales del instrumento o después de eventos

Tabla 13-4 Frecuencia de lectura de instrumentos para construcción y operaciones

	Manual de Operaciones, Seguimiento y Vigilancia OMS Instalación de Manejo de relaves		Revisión		Página
			#	Fecha	
	Documento No. 1824-363-CI-RPT-T0000		C	12/mayo/2023	44

13.5. Valores umbral iniciales para el cribado

Los valores umbrales iniciales se establecen para evaluar si el cambio observado es esperado, inesperado o un problema preocupante. Los valores umbral iniciales se dan en la Tabla 13-5.

Componente	Parámetro	Ubicación	Nivel VERDE	Nivel de amarillo	TRAJE NIVEL NARANJA	COTA ROJA
Tubo piezométrico	Elevación piezométrica	Inicio Represa	El nivel en el núcleo es de 3 m o más por debajo del estanque Nivel aguas abajo del núcleo dentro de la capa de drenaje o por debajo del nivel de drenaje positivo aguas abajo de la cuenca.	Nivel en el núcleo igual o inferior a 3 m por debajo del nivel del estanque. Nivel aguas abajo del núcleo < 1/6 de la carga hidráulica del estanque.	Nivel en núcleo a nivel de estanque. Nivel aguas abajo del núcleo < 1/3 de la carga hidráulica del estanque.	Nivel en el núcleo a nivel del estanque o superior (otra fuente de agua). Nivel aguas abajo del núcleo > 1/3 del carga hidráulica del estanque.
		Presa de arena Cascarón	Dentro de la plataforma de roca residual o dentro del drenaje de la manta (fuera del perímetro de la roca residual)	En la parte superior del sistema de drenaje primario o dentro del drenaje de manta	Dentro de 1 m sobre la parte superior del sistema de drenaje (dentro del relleno de arena)	El nivel del agua es Y metros por encima del fondo de la arena subterránea donde: $Y = 1 + (\text{distancia desde la línea del dedo del pie actual}) * 2.5\%$
		Fundaciones	Igual que arriba	Como se indica más arriba	Como se indica más arriba	Igual que arriba
	Relación de presión de poro en exceso (Bbar)	Fundaciones	Bbar < 0.1, con disipación	0,1 < Bbar < 0,2. Sin disipación	0,2 < Bbar < 0,3. Sin disipación	Bbar > 0,3; sin disipación incluso cuando la actividad de construcción se detuvo.
	Tasa piezométrica de aumento durante el mismo período (es decir, semanal).	Cimentación y relleno	Más bajo (<0.75) que el aumento en el nivel del estanque de relaves. La tasa de aumento es menor que 0,5 m/semana (0,05 m/d).	Cerca de (0.75 a 1) el aumento en el estanque de relaves o la tasa de cambio es de más de 0.5 m entre las lecturas (es decir, semanales). La tasa de aumento es Entre 0.5 y 1.0. 0,7 m/semana (0,05 m/d a 0,1 m/d)	Mayor (1 a 1.5) que el aumento en el estanque de relaves o el cambio ha terminado 0,75 m entre lecturas (es decir, semanales). La tasa de aumento está entre 0.7 y 1 m/semana (0,1 m/d a 0,15 m/d)	Mayor (>1,5) que el aumento en el nivel del estanque de relaves durante el mismo período o cambios >1 m entre lecturas (es decir, semanalmente). Tasa de aumento > 1 m/semana (0,15 m/d).
Liquidación	Acumulado en los últimos 12 meses		< 0,5 m	>0,5 m	>0,75 m	> 1 m.
	Incremental entre lecturas		< 50 mm/semana	> 50 mm/semana	> 75 mm/semana	> 100 mm/semana
Inclinómetro	Movimiento de desplazamiento acumulado a lo largo de un plano definido durante los últimos 12 meses		< 25 mm	> 25 mm	>35 mm	>50 mm
	Desplazamiento incremental (movimiento a lo largo de un plano definido entre lecturas)		<10 mm	>10 mm	> 15 mm	>20 mm
Superficie Monumento	Desplazamiento acumulado en los últimos 12 meses		<0,3 m	>0,3 m	> 0,4 m	>0,5 m
	Desplazamiento incremental entre lecturas		<20 mm/semana	20 mm/semana	20 a 50 mm/semana	50 mm/semana
Mecánica de suelos	Flujo y turbidez		Condiciones normales de filtración en el drenaje. No hay filtraciones en la pendiente.	Entre las condiciones normales y máximas de flujo en el drenaje. No hay filtraciones en la pendiente.	Cerca de las condiciones máximas de flujo en el drenaje. No hay filtraciones en la pendiente.	Supera las condiciones de flujo máximo y las luces diurnas en pendiente. La filtración es nublada con sedimentos suspendidos.

	Manual de Operaciones, Seguimiento y Vigilancia OMS Instalación de Manejo de relaves		Revisión		Página
			#	Fecha	
	Documento No. 1824-363-CI-RPT-T0000		C	12/mayo/2023	45

Notas

1. Barra B: Se refiere a la respuesta de la presión de poro a la carga de llenado y se define como la relación entre el cambio en la presión de poro medida en la punta y el cambio en la tensión vertical total de la colocación de llenado por encima de la punta.
2. Durante la colocación hidráulica, los niveles piezométricos pueden subir, pero no deben subir más de 0.5 m dentro de 1 día de la colocación hidráulica sobre la ubicación de la punta. El drenaje de la celda de arena debe ser obvio.
3. Los niveles de umbral piezométrico para los piezómetros cerca de los pilares deben revisarse después de que los levantamientos de arena hayan progresado más de 1/3 de la altura de la presa.

Tabla 13-5 Valores umbral iniciales propuestos para el TMF

Otros valores umbral considerados para el TMF se resumen en la Tabla 13-6 a continuación.

Componente	Parámetro	Nivel verde	Nivel amarillo	Nivel Naranja	Nivel Rojo
Producción de relleno de arena	Contenido de finos de subdesbordamiento del segundo escalón (pasa 0,075 mm) medido en el Cyclone House	<8%	<10%	N/A	>10%
Gestión de agua	Elevación del estanque operativo	Bajo el Nivel Máximo de Agua de Operación (MaxOWL)	En MaxOWL	1 m sobre MaxOWL durante más de 3 días (1 m equivale a una pérdida en el ancho de la playa de 200 m)	2 m sobre MaxOWL durante más de 3 días sin tendencias de deshidratación
	Francobordo Distancia vertical entre la elevación mínima de la cresta y el nivel del estanque operativo	Más de 5,5 mts	4.5 a 5.5%	3,0 a 4,5 mts	Menos de 3.0 mts
	Asignación de almacenamiento por inundación: Distancia vertical entre la elevación mínima de la playa del cabezal de relaves y el nivel del estanque operativo	Más de 4,0 mts	2,0 a 4,0 mts	1.5 a 2	Menos de 2.0 mts
	Longitud de la playa: Distancia horizontal entre la cabeza mínima de la playa de relaves en contacto con el perímetro de la presa y el estanque operativo	>400	Cerca de 400 m	200 m a 400 m (Temporalmente, menos de 3 días)	<200 M
Torre decantadora	Profundidad del agua sobre la obstrucción	Menos de 2mt	2.0 a 3.0 mt	3.0 a 4.0 mt	Más de 4.0 mt
Túnel de decantación	Tasa de salida	Menos de 5.0 mt ³ /s	5 a 10 mt ³ /s	10 a 30 mt ³ /s	Más de 30 mt ³ /s
	Turbidez	Limpiar	De 10 a 30 NTU	De 30 a 100 NTU	Más de 100 NTU
	pH	6.5 a 7.5	7.5 a 8.5 o 5.5 a 6.5	8.5 a 10.0 o 4.0 a 5.5	Más de 10.0 o menos de 4.0
	Profundidad del agua dentro del túnel	Menos de 1.2 mt	1.2 a 2.5 mt	2.5 a 4.0 mt	Más de 4.0 mt

Tabla 13-6 Valores umbral iniciales propuestos para otras estructuras

	Manual de Operaciones, Seguimiento y Vigilancia OMS Instalación de Manejo de relaves		Revisión		Página
			#	Fecha	
	Documento No. 1824-363-CI-RPT-T0000		C	12/mayo/2023	46

14. PLAN DE RESPUESTA ANTE EMERGENCIAS

14.1. General

El Gerente de TMF o su suplente designado tienen la autoridad principal para activar el plan EPRP e iniciar la respuesta adecuada. El EPRP se activa bajo una condición potencial o hipotética que podría conducir a una falla de la presa durante el ciclo de vida completo del TMF, que incluye:

- ❖ Construcción inicial: comprende estructuras e infraestructura que deben estar en su lugar antes de que comience la deposición de relaves (es decir, presa de arranque, tuberías de relaves, carreteras de acceso e infraestructura de gestión de agua asociada).
- ❖ Operaciones: Comprende la construcción de aumentos posteriores para estructuras e infraestructura.
- ❖ Cierre: Cuando cesa la deposición de relaves en la instalación, las estructuras y la infraestructura asociada se desmantelan y se implementa el cierre.
- ❖ Todo el trabajo de desmantelamiento está completo y los aspectos clave del plan de cierre se han implementado y han pasado al mantenimiento y la vigilancia a largo plazo.

Las situaciones de emergencia podrían surgir de situaciones técnicas y no técnicas y son diferentes de los problemas operativos ([ver Apéndice XX-1](#)) que se pueden atender sin activar el EPRP. Al considerar situaciones de emergencia, se debe considerar lo siguiente:

- ❖ Cada peligro potencial se considera en términos de probabilidad y consecuencia para evaluar el riesgo. Luego se implementan controles de prevención apropiados (controles de diseño y operativos) y controles de mitigación para reducir el riesgo a niveles aceptables.
- ❖ Si los controles de diseño u operativos no se implementan o no son efectivos dentro de un procedimiento establecido, podría ocurrir un evento importante que conduzca a una emergencia (por ejemplo, sobrecarga o incumplimiento de la presa).
- ❖ Bajo tal como una emergencia, entonces se implementarían controles reactivos o de mitigación (por ejemplo, EPRP de activación, contener liberación, evacuar) con la intención de mitigar y reducir las consecuencias (por ejemplo, lesiones o pérdida de vidas, impactos a largo plazo).

El plan de respuesta de emergencia de todo el sitio se incluye en el Apéndice XXII.

FQML es responsable de la integración y el enlace entre el equipo de TMF y el equipo de la mina en todo el sitio. Los eventos en el TMF pueden no desencadenar la activación del EPRP en todo el sitio y viceversa; sin embargo, ambos equipos deben ser conscientes de las interacciones entre sus sistemas.

14.2. Modos de fallo potenciales

Un modo de falla potencial que podría conducir a un evento importante (emergencia) puede ser desencadenado por varios mecanismos independientes o combinados. Pueden surgir situaciones de emergencia debido a:

	Manual de Operaciones, Seguimiento y Vigilancia OMS Instalación de Manejo de relaves		Revisión		Página
			#	Fecha	
	Documento No. 1824-363-CI-RPT-T0000		C	12/mayo/2023	47

1. Modos de falla técnica: Sobrecarga de la presa, erosión interna (tuberías), erosión externa e inestabilidad estructural (desplome, deslizamiento, agrietamiento o abultamiento de la presa).
2. Modos de falla no técnicos: cambio al diseño durante la construcción y operación.
3. Sucesos externos y otros: sabotajes y vandalismo.
4. Eventos naturales: Grandes terremotos, inundaciones extremas o tormentas inusualmente severas.

No todos los mecanismos que conducen a un evento son creíbles y pueden tener baja probabilidad. La Tabla 14-1 incluye una evaluación y revisión de los posibles modos de falla como una evaluación preliminar de riesgos. Se debe realizar una evaluación más detallada para evaluar más a fondo las mitigaciones de estos eventos.

14.3. Efectos de la Inundación (Evaluación de la Rotura de la Presa)

KCB realizó una evaluación del impacto del fracaso y una evaluación de la categoría de consecuencias del TMF en 2018. Los resultados del modelo de agotamiento de acuerdo con los requisitos de la Canadian Dam Association (CDA) se presentan a continuación. El análisis de ruptura de presas incluyó áreas desde los terraplenes de TMF hasta la salida del río Río Caimito al Mar Caribe, aproximadamente 16 km aguas abajo. Para obtener detalles del modelo, consulte KCB (2018a) incluido en el Apéndice IX.

El incumplimiento por sobrecarga o tuberías en el terraplén norte o este se utilizó en la evaluación del impacto de la falla como el modo de falla en el peor de los casos en función de la forma del embalse de TMF, el diseño y la planificación de la deposición. Los impactos posteriores esperados incluyeron:

- ❖ Las áreas de inundación varían dependiendo de si la brecha es del terraplén norte o este, y por lo tanto representan diferentes peligros.
- ❖ La profundidad máxima es de 2 a 30 m, pero se limita en gran medida a los canales fluviales del Río del Medio y Río Caimito. El ancho de inundación está entre 15-20 m en las llanuras aluviales inmediatamente adyacentes a los canales.
- ❖ La Aldea de Nuevo Sinaí se inundará si se rompe el terraplén oriental, pero no en el caso de la brecha del terraplén norte. El pueblo de Caimito en la desembocadura del río Caimito se inundará parcialmente durante una ruptura de la presa, pero el tiempo máximo de descarga es de aproximadamente 13 horas.
- ❖ Tanto para escenarios de desbordamiento como de tuberías, la velocidad es de aproximadamente 6 m/s en los canales principales de los ríos. Las velocidades más altas son de aproximadamente 9 m/s en secciones estrechas o en confluencias. La velocidad en la llanura aluvial está entre 1 m/s y 4 m/s debido al área de flujo más plana y más amplia. La profundidad de inundación incremental es el aumento en la profundidad de flujo como resultado de la ruptura de la presa.
- ❖ La profundidad máxima incremental es de aproximadamente 20 m inmediatamente aguas abajo del TMF en los canales principales del río.

  FIRST QUANTUM MINERALS LTD.	Manual de Operaciones, Seguimiento y Vigilancia OMS Instalación de Manejo de relaves	Revisión		Página
		#	Fecha	
	Documento No. 1824-363-CI-RPT-T0000	C	12/mayo/2023	48

Hipotéticos Tipo de fallo	¿Escenario creíble?	Posibles mecanismos de activación	Cómo se detectó	Controles Críticos	Emergencia
Sobrecubrimiento	- Escenario creíble durante la explotación (sin aliviadero de emergencia) dependiente de la torre de decantación y la estrategia de deposición. - La probabilidad se reduce durante el cierre debido al cierre del vertedero. - Escenario no creíble, deslizamiento de tierra dentro del borde de la cuenca creando una ola hacia la presa.	Reducción del francobordo operativo y reducción de la capacidad de almacenamiento por inundación debido a: - Torre o túnel de decantación inoperante. - Tasa de aumento rápido de relaves y tasa de aumento más lenta de la presa que la capacidad de recuperación planificada y limitada. - Pobre asentamiento de relaves y más lento que la densidad de consolidación prevista en el modelado de deposición. - Ocurrencia de eventos de inundación consecutivos que reducen el francobordo y la capacidad de deshidratación. - Grandes deformaciones y caída repentina en la elevación de la cresta y pérdida del francobordo de la presa. - Abandono del TMF. Disturbios civiles o interrupción de las operaciones mineras que conducen a la no gestión del TMF. Los niveles de agua en el TMF podrían acumularse sin control y eventualmente sobrepasar la presa.	- Tasa de aumento del estanque más rápida de lo previsto. - Más baja que elevaciones requeridas de la cresta de la presa. - Inundación repentina y pérdida del ancho de la playa. - Capacidad limitada del sistema de recuperación y paradas inesperadas.	- Ancho de playa ≥ 400 m y estrategia de deposición controlada para mantener el estanque de agua alejado de la presa y una amplia playa de relaves. - Francobordo de playa para contener eventos de tormenta IDF de larga duración, incluida asignaciones. - Francobordo de la Presa con contingencia operativa antes de la subida del estanque. - Deposición continua y calibración del balance hídrico basado en datos batimétricos y de rendimiento de la explotación. - Mantenimiento continuo de la Torre decantadora - Monitoreo e inspecciones rutinarias de la presa.	Rotura de presa, inundación y desbordamiento (alcance variable en función de las condiciones previas al suceso). Pérdida de contención medioambiental

	Manual de Operaciones, Seguimiento y Vigilancia OMS Instalación de Manejo de relaves		Revisión		Página
			#	Fecha	
	Documento No. 1824-363-CI-RPT-T0000		C	12/mayo/2023	49

Erosión interna Tuberías	Escenario creíble debido a las modificaciones de los filtros de la presa de arranque y a la presencia potencial de capas de mayor conductividad hidráulica dentro del núcleo.	- Inundación y ancho reducido de la playa de relaves creando altas pendientes a través de la presa. - Control de calidad deficiente o cambios que conducen a deficiencias en el núcleo (capas de mayor conductividad hidráulica) o zonas de filtro no compatibles que pueden conducir a la migración de finos. - Mala calidad de instalación del revestimiento de geomembrana en la pendiente de la presa, lo que permite mayores pendientes a través de la presa. - Daños en el núcleo por deformaciones excesivas y desprendimiento de filtros por deformación diferencial inducida por cargas estáticas o sísmicas. - Elevadas filtraciones inesperadas procedente de aguas subterráneas o contactos de pilares.	Aumento rápido de los índices o gradientes de infiltración o aspecto turbio inexplicable de la infiltración a través de la presa y/o los cimientos.	- Ancho de playa ≥ 400 m y estrategia de deposición controlada. - Control de calidad en la geomembrana - planificada en lugares donde no se puede mantener el francobordo de la playa. - Filtros de contrapeso aguas abajo de la presa de arranque para mitigar la migración de finos. - Capas de filtro gruesas para tener en cuenta las deformaciones sísmicas. - Control de calidad para aprobación y colocación de materiales. - Estanque de recolección de filtraciones para monitorear la cantidad y turbidez de las filtraciones. - Monitoreo e inspecciones rutinarias de la presa.	Migración incontrolada de finos y erosión excesiva que conduce a la pérdida de estabilidad estructural, lo que podría conducir a deformaciones y liberación de relaves y/o agua (extensión variable dependiendo de las condiciones previas al evento). Pérdida de contención ambiental
-----------------------------	---	---	---	--	---

	Manual de Operaciones, Seguimiento y Vigilancia OMS Instalación de Manejo de relaves		Revisión		Página
			#	Fecha	
	Documento No. 1824-363-CI-RPT-T0000		C	12/mayo/2023	50

Modo de fallo hipotético	¿Escenario creíble?	Posibles mecanismos de activación que conducen a este tipo de modo de falla	Cómo se detectó	Controles Críticos	Emergencia
Deformaciones o Fallas de Pendiente (hundimiento)	Escenario creíble debido a la compresibilidad de los cimientos de saprolita y a la movilidad cíclica de la saprolita bajo el diseño de terremoto.	- Incremento inesperado de los niveles freáticos dentro del caparazón de presa debido a la pérdida de ancho de playa u otras actividades desatendidas. - Fallo de cimentación debido a capas de cimentación débil, suelos frágiles con pérdida de resistencia bajo carga constante, fallo no drenado (capa contractiva bajo carga que provoca un alto debilitamiento de la presión del poro y respuesta no drenada) con desplazamiento vertical en la cresta. - Deformación excesiva por evento sísmico - Erosión interna con pérdida de estabilidad estructural.	- Deformaciones repentinas o mayores, desplazamientos verticales u horizontales del relleno o cimentación de la presa a través de una zona discreta o continua. - Presencia de grietas y movimiento diferencial. - Aumento inesperado de los niveles freáticos, tasas de filtración o gradientes o filtración nublada.	- Control de calidad durante la preparación de la cimentación para eliminar suelos débiles y compresibles dentro de la huella de la presa. - Control de compactación en la cáscara de arena de subdesbordamiento para obtener una respuesta dilatadora al cizallamiento. - Geometría de presa con pendientes planas y bermas de contrafuerte aguas abajo. - Secuenciación de presas que promueve la construcción aguas abajo antes de levantar la presa (extensión variable que aumenta la fuerza motriz). - Monitoreo de desplazamientos y presiones de poros utilizando inclinómetros, medidores de asentamiento y piezómetros. - Monitoreo de instrumentación e inspecciones rutinarias de la presa.	Deformación excesiva que conduce a la pérdida de francobordo y sobrecarga o estabilidad estructural con la posterior liberación de relaves y/o cresta de agua (extensión variable que aumenta dependiendo de las condiciones previas al evento).
Erosión externa.	Escenario creíble debido a las características erosionables del material de arena de subdesbordamiento utilizado para la concha de la presa.	- Evento de inundación extrema con gestión de aguas superficiales (desvío de canales) en la pendiente o puntera de la presa - Fallo o rotura de la tubería de relaves a lo largo de la cresta de la presa o de los pilares aguas abajo. - Erosión de pendiente o puntera debido a tasas altas e incontroladas de filtración. - Erosión por olas durante inundaciones y tormentas en el talud de la presa aguas arriba.	- Grandes carcavas en la cara aguas abajo o en la coronación de la presa. - Sedimento excesivo en escorrentía o en la filtración.	- Protección proactiva contra la erosión y control de sedimentos. - Estrategia de gestión de relaves que incluye protección de tuberías y protección de presas en caso de roturas de tuberías. - Mantenimiento de canales y estanques. - Monitoreo e inspecciones rutinarias de la presa.	Las condiciones peligrosas o incidentes requerirán reparación, pero si no se atiende podría conducir a la pérdida de contención y estabilidad estructural.

	Manual de Operaciones, Seguimiento y Vigilancia OMS Instalación de Manejo de relaves	Revisión		Página
		#	Fecha	
	Documento No. 1824-363-CI-RPT-T0000	C	12/mayo/2023	51

Hipotéticos Tipo de fallo	¿Escenario creíble?	Posibles mecanismos de activación	Cómo se detectó	Controles Críticos	Emergencia
Falla mecánica o del equipo o pérdida del control del proceso	Escenario creíble teniendo en cuenta la gran dependencia de estructuras individuales (p.e, torre de decantación). Modo de falla potencialmente crítico si se combina con la inundación del diseño de entrada y si no se resuelve de manera oportuna	1. Reclamar fallo, avería o mal funcionamiento de la bomba o torre de decantación o túnel. 2. Conductos o compuertas de mal funcionamiento o acumulación de presión. Daño o tubería desgastada. 3. Fallo de la línea eléctrica. Avería de equipos. 5. Fallo de instrumentación (piezómetros) impedir la identificación de problemas.	• Corte de energía • Procesos y procedimientos fallidos. • Lavados y derrames repetidos o únicos. • Elevación no planificada del nivel del estanque	• Monitoreo e inspecciones rutinarias de la presa. • Mantenimiento y reparaciones programadas. • Ensayos de prueba de respuestas de emergencia bajo estos escenarios. • Instrumentación de respaldo y suministros disponibles.	Las condiciones o incidentes peligrosos requerirán mantenimiento y reparaciones, pero si no se atienden podrían provocar la pérdida de contención y estabilidad estructural.
Drenaje ácido o degradación potencialmente geoquímica	Escenario creíble considerando la alta variabilidad en el material de origen para la producción de rocas y filtros. El contenido de azufre de corte de 0.3% está siendo revisado por FQML para evaluar el potencial de neutralización de los materiales disponibles en el sitio.	1. Uso de material con un contenido de azufre superior al 0,3%, considerado como material potencialmente generador de ácido. 2. Precipitación potencial y degradación geoquímica que conduce a la obstrucción o reducción de la conductividad hidráulica de los materiales de filtro. 3. Liberación del flujo de salida del túnel de filtración o decantación del TMF que excede los parámetros de calidad del agua.	• Cambios en el pH histórico y en los sólidos suspendidos totales (SST). • Presencia de precipitados de óxido en el agua de filtración o de salida.	• Pruebas frecuentes en préstamos y transporte previo y en materiales colocados. • Monitoreo de filtraciones y calidad del agua de salida • Monitoreo e inspecciones rutinarias de la presa. • Evaluación del potencial de neutralización, rendimiento a corto y largo plazo de los materiales disponibles en el sitio.	Condiciones ambientales peligrosas que requieren tratamiento y recolección. Posible tratamiento adicional si la filtración excede los límites ambientales. Sin embargo, el precipitado puede conducir a una pérdida en la capacidad de drenaje que conduce a un aumento de los niveles freáticos en la presa y la reducción de la estabilidad estructural
Sabotaje y otros actos vandálicos	Aislar ubicación	1. Vandalismo, explosivos, acceso no autorizado o uso de equipos/maquinaria.	• Violación de la seguridad y el monitoreo	• Monitoreo e inspecciones rutinarias de la presa. • Control de seguridad	La violación de la seguridad puede conducir a una situación peligrosa

Tabla 14-1 Modos de falla potenciales y consecuencias

	Manual de Operaciones, Seguimiento y Vigilancia OMS Instalación de Manejo de relaves		Revisión		Página
			#	Fecha	
	Documento No. 1824-363-CI-RPT-T0000		C	12/mayo/2023	52

14.4. PROCEDIMIENTOS DE COMUNICACIÓN EPRP

El plan de comunicación por FQML se da en el Apéndice XXII, incluyendo la siguiente información:

- ❖ Diagrama de flujo de notificación y lista de números de contacto internos y externos asociados con el TMF en condiciones normales y de emergencia.
- ❖ Plan de acceso y evacuación del sitio, incluido el acceso primario y secundario a la mina o al TMF que se utilizará para llegar a posibles emergencias o para la evacuación, incluidos los medios, como: pie, bote, helicóptero, vehículo todo terreno, etc.
- ❖ Tipo de sistema de advertencia para alertas en el sitio y fuera del sitio, incluida una lista de equipos y materiales para el personal en el sitio y fuera del sitio.

Matriz de respuesta organizacional del comando de incidentes.

15. ESTRATEGIA DE CIERRE.

La estrategia de cierre conceptual adoptada por FQML se da en [el Apéndice XXIII](#).

16. PLANIFICACION DE CRISIS

Una crisis se define como un evento o conjunto de circunstancias que podrían afectar significativamente la capacidad de FQML para llevar a cabo su negocio, dañar la reputación del propietario y amenazar el medio ambiente. El EPRP está destinado a guiar la respuesta física inicial a la emergencia, mientras que un Plan de Crisis está destinado a guiar las comunicaciones internas y externas.

La planificación de crisis de FQML se da en [el Apéndice XXIV](#).

17. CONCLUSIÓN

Este informe ha sido preparado para cumplir con las operaciones, el monitoreo y la vigilancia adecuados dentro del TMF.

Al utilizar el informe deben tenerse en cuenta las siguientes condiciones:

- A. El informe debe leerse como un todo, con secciones o partes del informe confiables en el contexto de todo el informe.
- B. Las observaciones, hallazgos y conclusiones de este informe se basan en las condiciones que existían en el momento del trabajo según se describe en el presente informe y no se debe confiar en que representen con precisión las condiciones en ningún otro momento.

	Manual de Operaciones, Seguimiento y Vigilancia OMS Instalación de Manejo de relaves		Revisión		Página
			#	Fecha	
	Documento No. 1824-363-CI-RPT-T0000		C	12/mayo/2023	53

C. El informe se basa en datos anteriores preparados por FQML o por otras partes en nombre de FQML. Este informe ha sido publicado para revisión interna y comentarios.

REFERENCIAS

Asociación Canadiense de Seguridad de Presas. 2013. «Dam Safety Guidelines – 2007 (Revised 2013)» (en inglés).

Asociación Canadiense de Seguridad de Presas. 2014. “Technical Bulletin: Application of Dam Safety Guidelines to Mining Dams”.

D.E. Cooper & Associates Pty Ltd. DIC. 2014. Modelado de deposición de los relaves del Cobre Panamá Centro de gestión Año 1 – 10. Febrero Documento preparado por CyMod Systes Pty Ltd.

GEO Consultores S.A. 2013. Evaluación Probabilística de Riesgos Sísmicos (PSHA) para Cobre Panamá Proyecto Agosto.

Joint Venture Panama Ltd. (JVP) 2013a. Informe de diseño del estado de la instalación de gestión de relaves. Rev. PB Junio 14

JVP 2013b. Informe fáctico de investigación de la Fundación TMF. 28 de junio

JVP 2013c Informe técnico Informe fáctico de investigación geotécnica del sitio de la mina. 17 de junio

JVP 2013d Evaluación preliminar de licuefacción de TMF Valley Alluvium Foundation. 30 de abril.

Klohn Crippen Berger Ltd. 2014. Proyecto Cobre Mina de Cobre Panamá: Estudio de Compensación – Relaves Diseño de terraplenes. Documento N ° 1824-363-C02-LTR-00003-R2. May.

Klohn Crippen Berger Ltd. 2015. Diseño de elevación de arena de desbordamiento de relaves. N.º de documento 1824-363-M02-RPT-00002-R0. May.

Klohn Crippen Berger Ltd. 2017. Construcción de la presa de arranque – Impactos en el diseño de la presa de arena. Doc. N ° 1824-363-C02-RPT-00008. Enero

Klohn Crippen Berger Ltd. 2018a. Cobre Panamá TMF – Secuencia revisada de elevación de la cresta de la presa de arena. Doc No. 1824-363-C-02-LTR-00007-R0. Septiembre.

Klohn Crippen Berger Ltd. 2018b) Proyecto Cobre Panamá – Rotura de presa TMF – Evaluación del Impacto de falla. Marzo

Asociación Minera de Canadá (MAC). (2019) Guía para la gestión de instalaciones de relaves. Versión 3.1

Asociación Minera de Canadá (MAC). (2019) Desarrollo de una operación, mantenimiento y Manual de Vigilancia de Relaves e Instalaciones de Gestión del Agua. Segunda Edición.

Peck, R.B. 1969. Ventajas y limitaciones del método de observación en la mecánica de suelos aplicada. Geotecnia, 19. No2. pp. 171-187.

Universidad de Panamá Instituto de Geociencias (Universidad de Panamá). 2013. Evaluación de los Evaluación Probabilística de Riesgos Sísmicos (PSHA) para Cobre Panamá. Septiembre.

	Manual de Operaciones, Seguimiento y Vigilancia OMS Instalación de Manejo de relaves		Revisión		Página
			#	Fecha	
	Documento No. 1824-363-CI-RPT-T0000		C	12/mayo/2023	54